

**TERRA
BRASIL**
© 2014
Viçosa - Minas Gerais

**Pesquisa, construção e patrimônio
em terra no Brasil do século XXI**



TERRA BRASIL 2014

Viçosa - Minas Gerais

Célia Neves
Fernando Cardoso
Organizadores



V Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil

Pesquisa, construção e patrimônio em terra no Brasil do século XXI



Foto: Fernando Cardoso

Outubro de 2014
Viçosa - MG - Brasil

Célia Neves
Fernando Cardoso
Organizadores

Ian Marte Pozzobon Rodrigues
Foto da capa

**TERRA
BRASIL**
 **2014**
Viçosa - Minas Gerais

Ficha catalográfica

720
C759

Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil (5.
: 2014 : Viçosa, MG).

Anais [recurso eletrônico] do 5º Congresso de Arquitetura e
Construção com Terra no Brasil : pesquisa, construção e
patrimônio em terra no Brasil do século XXI, realizado em
Viçosa, no ano de 2014 ; organizado por Célia Neves e
Fernando Cardoso. -- Viçosa: TerraBrasil/UFV, 2014, 504 p.

ISSN 2178-1729

1. Arquitetura e construção com terra. 2. Técnicas
construtivas. I. Neves, Célia. II. Cardoso, Fernando. III.
Título.



Universidade Federal de Viçosa
Avenida Peter Henry Rolfs, s/n
Campus Universitário
CEP: 36570-900
Viçosa - MG - Brasil
www.ufv.br



**Departamento de Arquitetura
e Urbanismo**
www.ufv.br/dau



Rede TerraBrasil
<https://redeterrabrasil.wordpress.com/>

Organizar TerraBrasil, um evento de natureza técnico-científica, é uma atividade peculiar, estimulante e muito agradável. De um lado, é preciso planejar e envolver colaboradores para atingir metas estabelecidas, do outro, é preciso divulgar, informar e convocar profissionais e outros interessados para participar, sejam como assistentes, colaboradores ou autores. Aos poucos, o idealizado vai tomando sua forma concreta a partir da colaboração e ação de inúmeras e inestimáveis pessoas.

Os congressos TerraBrasil são realizados bianualmente e reúnem pesquisadores, profissionais, estudantes e interessados pelo tema da arquitetura e construção em terra, sendo aberta a participação de todos, independentemente de sua área de conhecimento. São objetos dos congressos tanto as antigas e históricas construções em terra, assim como as contemporâneas; tanto abordagens específicas e disciplinares, ancoradas nas mais diversas áreas do conhecimento – como a antropologia, a pedagogia, a engenharia e a arquitetura –, como abordagens interdisciplinares.

TerraBrasil 2014, o V Congresso, resulta da ampla discussão entre membros da Rede TerraBrasil. Inicialmente, buscou-se identificar os principais grupos atualmente envolvidos no campo da arquitetura e construção com terra no Brasil para, em seguida, definir os temas do evento. Dois assuntos considerados de extrema importância para a arquitetura e construção com terra – estado atual e normalização – foram especialmente contemplados em sessões de Mesa Redonda. Para incluir os profissionais que atuam na área da construção, criou-se uma sessão específica com a apresentação de seus projetos e obras. E, no sentido de estimular o envolvimento dos participantes com as técnicas de construção com terra, programou-se a realização de oito oficinas práticas nos dois primeiros dias de evento, ministradas por especialistas membros das Redes Terra Brasil e PROTERRA.

Foram compostas a Comissão Científica e a Comissão Técnica por reconhecidos profissionais, quase todos membros da Rede TerraBrasil e de PROTERRA, para a avaliação dos artigos e das apresentações de projetos e obras. Os artigos aprovados, de acordo com o seu conteúdo, foram categorizados como artigo científico e informe técnico. Enquanto que o artigo científico segue o

modelo acadêmico, com a análise crítica dos resultados obtidos fundamentada em referências bibliográficas, o informe técnico permite que o autor relate, com o mesmo rigor de linguagem, sua experiência pessoal ou de uma equipe, enriquecida com as considerações finais. Os trabalhos de projetos e obras, por seu lado, tratam do relato personalizado de um trabalho ou experiência.

Assim como sucede na organização do evento, a leitura dos resumos começa a definir seu espírito, que se concretiza na avaliação e aprovação dos trabalhos, de acordo com o conteúdo de cada um e por sua distribuição em cada tema. TerraBrasil 2014, enfim, cria a oportunidade de pesquisadores e de profissionais atuantes ao mercado apresentarem suas realizações, estimulando o debate dos diferentes pontos de vistas e o intercâmbio de informação científica e tecnológica, que permitem estabelecer o estado atual e a evolução da arquitetura e construção com terra no Brasil.

Viçosa, outubro de 2014
Comissão Organizadora, Comissão Científica, Comissão Técnica



Rede TerraBrasil

A Rede TerraBrasil foi criada em agosto de 2007 como uma coletividade de cooperação técnica que promove a arquitetura e construção com terra no Brasil, através de atividades para o desenvolvimento, a disseminação e a transferência de tecnologia, entre outras ações, além da geração de diversas publicações.

Coordenação TerraBrasil 2007 – 2013

M.Sc. Eng.ª Célia Neves | PROTERRA/Rede TerraBrasil

Coordenação TerraBrasil 2013 – 2015

M.Sc. Arq. Márcio Vieira Hoffmann | Fato Arquitetura / Taipal

Conselho Consultivo 2013 – 2015

M.Sc. Eng.ª Célia Neves | PROTERRA/Rede TerraBrasil

Prof. Dr. Marco Antônio Penido de Rezende | UFMG

M.Sc. Arq. Raymundo Rodrigues Filho | Oikos Conservação e Restauro Ltda.

Rede TerraBrasil



V Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil

Pesquisa, construção e patrimônio em terra no Brasil do século XXI

Em novembro de 2006, membros da Rede Ibero-americana PROTERRA, aceitando o desafio lançado pelos colegas portugueses, realizou, em Ouro Preto, o TerraBrasil 2006, correspondente ao IV Arquitetura e Construção com Terra no Brasil e ao I Seminário de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil. Este evento internacional foi organizado com o apoio de diversas instituições brasileiras, destacando-se, entre outras, a Universidade Federal de Minas Gerais e a Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, campus de Poços de Caldas.

O sucesso do evento gerou sua reprodução a cada dois anos e a criação da Rede TerraBrasil, uma rede brasileira de pesquisa em arquitetura e construção com terra que tem como principais objetivos:

- Congregar profissionais, estudantes, entidades de classe e toda a sociedade constituída em torno das discussões sobre o tema arquitetura e construção com terra no Brasil.
- Fortalecer e fomentar a capacidade de desenvolvimento científico e tecnológico do país mediante a transferência de conhecimento e técnicas, e do intercâmbio de informação científica e tecnológica de interesse comum.
- Disseminar os conhecimentos acerca da arquitetura e construção com terra no país e sua sustentabilidade ambiental e cultural, através da promoção de eventos, cursos, publicações e outras atividades afins.
- Fomentar as relações entre empresas, instituições, governamentais e não governamentais, sobre estudos e pesquisas acerca da arquitetura e construção com terra no país, bem como ampliar suas relações com entidades internacionais que se dedicam ao tema.

- Promover cenários, participar e criar grupos de pesquisa com o intuito de produzir bases e diretrizes que facilitem a normalização das técnicas construção com terra no país, considerando a legislação vigente.

E assim, foram realizados eventos TerraBrasil em 2008, em São Luís, organizado pela Universidade Estadual do Maranhão, em 2010 em Campo Grande, organizado pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, em 2012, em Fortaleza, organizado pela Universidade Federal do Ceará e em outubro de 2014, em Viçosa, MG, o TerraBrasil 2014 – V Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil, organizado pela Universidade Federal de Viçosa, promovido pela Rede TerraBrasil e apoiado pela Rede Ibero-americana PROTERRA.

A configuração dos eventos TerraBrasil, em linhas gerais, é a seguinte:

- Realização de oficinas com a demonstração de técnicas construtivas nos dois primeiros dias – atividade dirigida principalmente para alunos dos cursos de graduação e pós-graduação das universidades próximas, líderes de comunidades e pessoas interessadas da sociedade local.
- Apresentação de palestras, artigos, mesas redondas, entre outras atividades, nos três dias seguintes.
- Visitas técnicas a obras de terra ou outro sítio de interesse no local do evento no último dia.

Na edição de 2014, além da apresentação dos artigos, criou-se a modalidade Projetos e Obras em Terra, proposta que surgiu a partir da percepção do grande número de associados à Rede que atua na prática da construção.

OFICINAS



Seleção e Caracterização de Solos

Objetivo: Colocar os participantes em contato com o material terra, para compreender suas propriedades, diferenças de comportamento e aplicações mais adequadas. Instrutores: Obede Faria (Unesp – Bauru) e Anôr Carvalho (UFV).

Teste Carazas

Objetivo: Avaliar os estados da terra adensada em diferentes níveis de umidade para identificar os níveis de umidade mais adequados para cada terra e técnica de construção. Instrutores: Anaís Guéguen (USP/São Carlos-ENSAG/França) e Marco Antônio Penido Rezende (UFMG).

Técnica Mista

Objetivo: Transmitir conhecimentos sobre tipos de materiais e de fabricação de estrutura portante, bem como a preparação da mistura de terra e sua aplicação no preenchimento de tramado in loco. Instrutores: Professoras Rosana Parisi (Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – PUC – Poços de Caldas) e Maristela Siolari (Departamento de Arquitetura e Urbanismo - UFV).

Adobe

Objetivo: Transmitir conhecimentos sobre a técnica de fabricação de blocos de adobe, iniciando-se pelo manejo da terra no estado plástico até a produção dos elementos construtivos, bem como a sua utilização na construção de vedação in loco. Instrutores: Raymundo Rodrigues (Oikos Conservação e Restauro) e Andréa Corrêa (UFLA).

Taipa de pilão

Objetivo: Transmitir conhecimentos sobre a técnica de compactação da terra em fôrmas através da construção de parede in loco. Instrutores: André Heise (Taipal Construções em Terra) e Fernando Minto (Universidade Santa Úrsula).

BTC

Objetivo: Transmitir conhecimentos sobre a técnica de fabricação de BTC, iniciando-se pela escolha da terra apropriada até a produção dos elementos construtivos, bem como a sua utilização na construção de vedação in loco. Instrutores: Célia Neves (Redes TerraBrasil/PROTERRA) e Rita de Cássia Alvarenga (UFV).

Revestimentos

Objetivo: Transmitir conhecimentos sobre a composição, preparação e aplicação de revestimentos em vedações de terra. Instrutores: Thiago Lopes (USP/São Carlos-ENSAG/França) e Alain Mantchev (Rede TerraBrasil).

Tintas

Objetivo: Transmitir conhecimentos sobre o processo de preparação de pigmentos extraídos de solos, produção de amostras de tintas e aplicação em superfícies de alvenaria. Instrutores: Fernando Cardoso (UFV/ Redes TerraBrasil / PROTERRA) e Rita Loureiro (UFV).



PALESTRA E MESAS REDONDAS



PALESTRA DE ABERTURA

Da terra à arquitetura

Márcio Vieira Hoffmann, coordenador da Rede TerraBrasil

MESAS REDONDAS

Pesquisa, construção e patrimônio em terra no Brasil do século XXI

Moderador: Marco Antônio Penido Rezende

Debatedores: Akemi Ino (USP – São Carlos), Sérgio Fagundes (IPHAN) e Sérgio Pamplona (Permacultor)

Normalização da arquitetura e construção com terra

Moderadora: Célia Neves

Debatedores: Normando Perazzo Barbosa (UFPB), Ercília Maria Mendes Tomaz (Caixa Econômica Federal) e Fernando Teixeira Filho (ABNT)



COMISSÕES



Comissão Organizadora

Prof. Dr. Roberto de A. G. Lopes (coordenação)
Profª. Drª. Maristela Siolari da Silva
Profª. Drª Luciana Bosco e Silva
Prof. Dr. Felipe N. B. Simas
Prof. Dr. Anôr Fiorini de Carvalho
M.Sc. Arq. Fernando Cardoso

Comissão Científica

M.Sc. Engª. Célia Neves | PROTERRA/Rede TerraBrasil – Brasil (coordenação)
Arq. Alain Mantchev | Rede TerraBrasil – Brasil
Arq. Alejandro Ferreiro | FARQ/UDELAR – Uruguai
Prof. Dr. Alexandre Mascarenhas | IFMG Ouro Preto – Brasil
M.Sc. Arqª. Ana Cristina Villaça | PROTERRA/Rede TerraBrasil – Brasil
Profª. Drª. Ana Paula Milani | UFMS – Brasil
Profª. Drª. Andrea Naguissa Yuba | UFMS – Brasil
M.Sc. Arq. Márcio V. Hoffmann | Fato Arquitetura / Taipal
M.Sc. Arqª. María Teresa Méndez Landa | Universidad Ricardo Palma – Peru
Prof. Dr. Marco Antônio Penido de Rezende | UFMG – Brasil
Drª. Arqª. Maria Isabel Kanan | ICOMOS-ISCEAH – Brasil
Profª. Drª. Maristela Siolari da Silva | DAU – UFV – Brasil

Prof. Dr. Obede Borges Faria | DEC/FEB/UNESP – Bauru – Brasil
M.Sc. Arq. Rafael Torres Maia | Rede TerraBrasil – Brasil
Profª. Drª. Rita de Cássia S.S. Alvarenga | DEC – UFV – Brasil
Prof. M.Sc. Rogério Fuscaldi Lelis | DAU – UFV – Brasil
Profª. M.Sc. Sandra Selma B. Saraiva | UFPI – Brasil
Profª. Drª. Wilza Gomes Reis Lopes | UFPI – Brasil

Comissão Técnica de Projetos e Obras

M.Sc. Arq. Raymundo Rodrigues Filho | Oikos Conservação e Restauro Ltda - Brasil (coordenação)
M.Sc. Arq. André Falleiros Heise | TAIPAL Construções em Terra – Brasil
Profª Drª. Andréa Corrêa | UFLA/CREA-MG – Brasil
M.Sc. Arq. Fernando Cardoso | UFV – Brasil
Arq. Fernando Minto | Universidade Santa Úrsula – Brasil
Arq. Marcos Roberto B. dos Santos | Oikos Conservação e Restauro Ltda. - Brasil
M.Sc. Arq. Márcio V. Hoffmann | Fato Arquitetura/TAIPAL
Profª. Drª. Rosana S. B. Parisi | PUC-Minas, Poços de Caldas – Brasil
Arqª. Rosario Etchebarne | FARQ/UDELAR – Uruguai
Dr. Arq. Thiago Lopes Ferreira | USP/São Carlos – Brasil



Foto: Fernando Cardoso

TERRA BRASIL 2014

Viçosa - Minas Gerais



Foto: Ian Marte, Pozzobon Rodrigues

ÍNDICE

ARTIGOS CIENTÍFICOS E INFORMES TÉCNICOS

Materiais e técnicas de construção
História, conservação e patrimônio
Arquitetura contemporânea
Ensino, formação, capacitação e transferência de
tecnologia

PROJETOS E OBRAS

MATERIAIS E TÉCNICAS DE CONSTRUÇÃO

ARTIGO CIENTÍFICO

Adição de aditivos químicos em solo-cimento fluido para fabricação de paredes monolíticas

Christian Souza Barboza e Ana Paula da Silva Milani

Resistência à abrasão de tintas produzidas com pigmentos obtidos por dispersão mecânica e química de solo caulinitico

Fernando P. Cardoso, Rita de Cássia S.S. Alvarenga, Anôr Fiorini de Carvalho e Maurício P. F. Fontes

Modelamiento de muros de tierra armada estructurada con caña carrizo (Arundo donax L.)

Javier Cerón Uribe e María Méndez Landa

Caracterización de puzolanas naturales y artificiales combinados con cal para la estabilización de compuestos arcillosos en México

C. Cobreros-Rodríguez, J.L. Reyes-Araiza, A. Manzano-Ramirez, R. Nava-Mendoza, M. Rodríguez Pérez e E.M. Rivera-Muñoz

Propriedades mecânicas do adobe com incorporação de partículas de Bambusa vulgaris vittata

Andréa Aparecida Ribeiro Corrêa, Thiago de Paula Protásio, Rubens do Monte Lima Silva Scatolino e Lourival Marin Mendes

Avaliação de desempenho térmico de paredes de adobe, blocos de concreto e blocos cerâmicos de acordo com a norma ABNT NBR 15220:2005

Obede Borges Faria, Eduardo da Silva Pinto e Célia Neves

Los materiales de tierra: tapia y adobe. Sus propiedades térmicas y su utilización en lugares de clima frío e seco de altura. Caso Puno, Perú

María Angélica Guevara Lactayo

Avaliação de desempenho acústico em residência unifamiliar construída com tijolo de solo-cimento, seguindo a norma NBR 15575:2013

João Carlos C. de V. Leite e Stelamaris Rolla Bertoli

Análise de durabilidade de argamassa de revestimento em construções com terra

Regina Ângela Mattaraia, Wilza Gomes Reis Lopes, Karenina Cardoso Matos

Verificação do comportamento de mini paredes executadas com blocos de terra crua estabilizada, submetidas à ação de ciclos sucessivos de calor e choque térmico

Ana Beatriz R. Egypto Queiroga, Elisângela Pereira da Silva, Aluísio Braz de Melo e José Gonçalves de Almeida

Tijolo de solo-cimento com incorporação de resíduos de couro: características físicas e químicas das misturas

Carol F. Rezende Santos, Rita de Cássia S. Sant'anna Alvarenga, Benício Costa Ribeiro, Roseli O. Guedes Martins e Charles Luís da Silva

Análise do processo de produção de paredes maciças de solo estabilizado a partir do uso de mecanização

Ana Carolina Veraldo, João Gabriel Santana Paz, Andrea Naguissa Yuba e Ana Paula da Silva Milani

INFORME TÉCNICO

Adequação das vedações em terra às normas brasileiras de desempenho térmico

Samantha Orui

Considerações sobre a influência do tipo de argila sobre as propriedades da terra como material de construção

Marco Antônio Penido de Rezende, Antônio Ananias de Mendonça e Jaqueline Leite Ribeiro do Vale

Estudo da caracterização física e mecânica dos adobes produzidos em Vitorino Veloso (Bichinho) – Minas Gerais

Jaqueline L. R. do Vale, Daniella F. Flores e Marco Antônio Penido de Rezende

ADIÇÃO DE ADITIVOS QUÍMICOS EM SOLO-CIMENTO FLUIDO PARA FABRICAÇÃO DE PAREDES MONOLÍTICAS

Christian Souza Barboza¹; Ana Paula da Silva Milani²

¹ Mestrado Profissional em Eficiência Energética e Sustentabilidade, UFMS – christian.barboza@ufms.br

² Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia, UFMS – ana.milani@ufms.br

Palavras-chave: solo-cimento, trabalhabilidade, autoadensável, resistência, sustentabilidade.

Resumo

Na linha de trabalho da otimização das estruturas das edificações para que estas consumam uma menor quantidade de energia e produzam menos resíduos poluentes durante a fase de sua construção e sua utilização, a presente pesquisa estudou a potencialidade do uso do solo-cimento plástico na produção de paredes monolíticas de vedação, de forma a desenvolver misturas com adequada plasticidade para seu lançamento em fôrmas sem a necessidade de compactação e/ou de adensamento. Para tal, pesquisou-se misturas de solo-cimento plástico através dos traços 1:10 e 1:12 (cimento:solo, em massa), sendo a quantidade de água estabelecida pelo uso do parâmetro trabalhabilidade *slump test* para concretos bombeáveis na altura de abatimento igual 100 mm. Nestas misturas, para atingirem consistência adequada de bombeamento e posterior resistência mecânica apropriada para composição de vedações verticais, foi adicionado aditivo plastificante nas proporções de 0%, 0,65% e 0,80% (porcentagem em relação a massa de cimento). Foram realizados os ensaios de abatimento do tronco de cone para verificação do desempenho no estado fresco bem como os ensaios de compressão axial, diametral e de índices físicos para o desempenho no estado endurecido. Os resultados acerca do material solo-cimento plástico mostraram que o traço 1:12 (solo:cimento) com adição de 0,65% de aditivo plastificante possui trabalhabilidade ideal para lançamento em fôrmas sem a necessidade de compactação e características físico-mecânicas adequadas para atender às solicitações usuais de paredes monolíticas.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente as pesquisas na área de solo-cimento para fins de vedação, realizadas em meio acadêmico, estão direcionadas a produção de blocos vazados utilizando a técnica de prensagem. Existem também outras linhas, como a utilização de solo-cimento plástico em fundações ou a produção de argamassas de solo-cimento.

O princípio usado até hoje para atribuir resistência a uma determinada mistura de solo, cimento e água, consiste basicamente em variar quantidade destes elementos, e após a aplicação da mistura há a retirada de água por compactação. Neste trabalho, utilizou-se a tecnologia que visa à utilização de solo-cimento plástico na fabricação de estruturas de vedação não-portantes, ou seja, misturas de solo-cimento-água com adequada plasticidade para seu lançamento em fôrmas sem a necessidade de compactação e/ou de adensamento.

Segundo Andrade Filho (1989), o solo-cimento pode ser classificado em duas categorias: SCC (solo-cimento compactado) e SCP (solo-cimento plástico). No caso do SCC, a água deve ser adicionada em quantidade suficiente, de modo que possibilite compactação máxima e ocorrência das reações de hidratação do cimento. No caso do SCP, a água é adicionada até que se obtenha um produto de consistência plástica similar a de uma argamassa de emboço.

Segantini (1994) realizou ensaios de compressão simples em corpos de prova de SCC e de SCP. Seguiram-se, para o caso do SCC, as prescrições da NBR 12024 (ABNT, 1992). No caso do SCP, foram confeccionados corpos de prova cilíndricos, com diâmetro de 15 cm e altura de 30 cm, os quais foram moldados no campo, no momento da sua aplicação, seguindo-se as recomendações da NBR 5738 (ABNT, 1994). Os ensaios de compressão simples mostraram que o material apresenta resistência suficiente para ser aplicado em elementos de fundação, principalmente em estacas moldadas in loco em que, a favor da

segurança, conta-se ainda com o efeito do confinamento provocado pelo solo. Para o SCC, em média, obteve-se resistência de 4,88 MPa aos 28 dias, enquanto que para o SCP o valor médio obtido na mesma idade foi de 3,95 MPa.

Para a aplicação do solo-cimento plástico como elemento construtivo com uma possível aplicação em estruturas de vedação é necessário mensurar os parâmetros de trabalhabilidade semelhantes aos verificados para o concreto. Este material será aplicado de forma semelhante ao de lançamento de concreto fresco, e o seu processo construtivo exige níveis de trabalhabilidade que atendam aos requisitos exigíveis de acabamento e principalmente resistência.

A utilização do solo-cimento plástico aperfeiçoa o processo de produção de estruturas para vedação, pois a sua composição permite que em um curto prazo de tempo sejam fabricadas paredes e demais estruturas, podendo-se utilizar o processo de bombeamento empregado para a fabricação de peças de concreto que envolva volumes expressivos deste material, tais como: lajes, vigas e paredes.

Assim, no presente trabalho estudou-se a influência da adição de aditivo plastificante na mistura solo-cimento-água para o alcance de uma trabalhabilidade adequada para que o material solo-cimento plástico possa ser lançado em fôrmas sem a necessidade de posterior compactação e aplicação de adensamento similar ao do concreto.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O solo foi oriundo de uma jazida da cidade de Campo Grande-MS, com características predominantes de solo arenoso, seco ao ar, destorroado e peneirado na malha 4,8 mm. O cimento Portland utilizado neste trabalho foi o CP II E 32, da marca Cauê. O aditivo plastificante utilizado foi da fabricante Rheoset do tipo Tec Mult 828, marca comum no mercado local. Para este trabalho foi utilizado um único recipiente – amostra – a mesma foi mantida em local seco e protegido da luz solar. Nome químico: Lignosulfonatos / N^o. CAS: 68411-77-8 / Faixa de concentração (%): 31,0.

2.1 – Estudo de dosagem

Foram realizados estudos preliminares com diferentes misturas de solo-cimento plástico, com e sem o uso de aditivo. Estudou-se o comportamento de 6 diferentes misturas: 1:10 e 1:12 – sem aditivos – usados como testemunhas. E os traços 1:10 com 0,65% e 0,80% de aditivo em massa com relação ao aglomerante e ainda os traços 1:12 com 0,65% e 0,80% de aditivo. A quantidade inicial de água a ser adicionada às misturas alicerçou-se nos ensaios de caracterização do solo, mais especificamente, no ensaio de índices físicos, onde se encontrou o limite de plasticidade para o solo em questão. Com o valor do limite de plasticidade, subtraiu-se o valor da umidade natural do solo e adicionou-se água até que se atingisse o valor de umidade igual ao limite de plasticidade, considerado o mínimo de água para atingir trabalhabilidade adequada a lançamento do solo-cimento plástico em fôrmas.

Em um misturador foram misturados os materiais nas devidas proporções e foi-se adicionando água em pequenas porções. Nos traços com aditivo, este foi dissolvido em uma pequena porção de água, antes de ser adicionada a mistura (500 ml de água).

Durante o processo de homogeneização foram realizados ensaios de trabalhabilidade, *slump test* para a obtenção de uma altura de abatimento igual a 10 cm. O parâmetro para o ensaio de trabalhabilidade, a altura de abatimento igual 100 mm foi definido para que fosse aferido, ao produto final, a possibilidade de bombeamento, com base na orientação de um fabricante de aditivos (Vedacit, 2010).

Utilizou-se o ensaio abatimento de tronco de cone para a determinação da consistência desejada para a mistura, cujo procedimento é também utilizado para a determinação desta propriedade em concretos. O ensaio é indicado para os concretos que apresentem abatimento igual ou superior a 100 mm e aqueles cujo diâmetro máximo do agregado seja igual ou inferior a 38 mm. Este processo foi empregado para a produção de solo-cimento plástico devido a sua semelhança construtiva com o concreto, especificamente no processo

de lançamento e cura.

Alcançada a trabalhabilidade almejada, foram moldados 3 corpos de prova cilíndricos (CPs de dimensões: 100 mm x 200 mm) para cada traço. Seguiu-se o processo descrito na NBR 5738 (ABNT, 1994).

2.2 – Ensaio de compressão simples

Os CPs foram cobertos com plástico celofane e após 24 h desmoldados. Os mesmos foram levados para a câmara úmida e após 7 dias foi realizado o ensaio de resistência a compressão simples de forma semelhante à norma NBR 12025 (ABNT, 1990), sendo, porém, excluída a fase de imersão dos corpos de prova em água, antes do rompimento.

Para a definição do traço a ser trabalhado levou-se em conta 2 fatores preponderantes, menor consumo de cimento e resistências superiores aos valores definidos na Tabela 1 (LIMA, 2006).

Tabela 1. Limites especificados para controle de qualidade de paredes monolíticas e tijolos de solo-cimento

CARACTERÍSTICA	Tijolos de solo-cimento NBR 10836	Parede monolítica de solo-cimento NBR 13553
Resistência à compressão simples (28 dias)	≥ 2,0 MPa	-
Resistência à compressão simples (7 dias)	-	≥ 1,0 MPa
Absorção de água	≤ 20%	≤ 20%

Com a definição do traço a ser trabalhado, 1:12 com 0,65% de aditivo e 22,98% de umidade, foi realizado o processo de produção e moldagem dos CPs, processo este, semelhante ao de estudo de traço. Foram moldados 9 CPs para realização de ensaio de compressão axial nas idades de 7, 14 e 28 dias.

Para que houvesse parâmetros para comparação de possíveis ganhos de resistência, foram moldados também 9 CPs com o traço 1:12 para obtenção de suas resistências nas idades de 7, 14 e 28 dias. Os ensaios foram realizados segundo a NBR 12025 (ABNT, 1990) que regulamenta a execução de ensaios de compressão simples de corpos de prova cilíndricos para solo-cimento.

2.3 – Ensaio de compressão diametral

Foi realizado o processo de produção e moldagem dos CPs, processo este, semelhante ao realizado para o ensaio de compressão axial. Foram moldados 6 CPs para realização de ensaio de compressão diametral nas idades de 7 e 14 dias.

Para que houvesse parâmetros para comparação de possíveis ganhos de resistência, foram moldados também 6 CPs com o traço (1:12), para obtenção de suas resistências na idade de 7 e 14 dias. O ensaio foi realizado segundo a norma NBR 7222 (ABNT, 1994), determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos.

2.4 – Ensaio de absorção de água e índice de vazios

Os ensaios de absorção de água aplicados aos corpos de prova cilíndricos de misturas de solo-cimento com 0,65% de aditivo foram realizados nas idades de 7, 14 e 28 dias após a moldagem. A finalidade deste procedimento foi avaliar a relação entre o ganho de resistência e a diminuição de absorção, e verificar o atendimento dos valores de absorção aos limites especificados pela norma NBR 8492 (ABNT, 1984) para a utilização de solo-cimento como elemento construtivo. Já o índice de vazios foi realizado de acordo com a norma NBR 9778 (ABNT, 2005).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 – Estudo de dosagem

Tabela 2 - Quadro resumo da distribuição granulométrica do solo

Argila: 20 %	Silte: 3 %	Areia: 77%			Pedregulho: 0 %
		Fina: 76%	Média: 1 %	Grossa: 0 %	

Tabela 3 - Resultados da caracterização do solo

Características físicas	Resultados
Massa específica dos sólidos (g/cm ³)	2,84
Limite de liquidez (%)	16
Índice de plasticidade (%)	NP
Material que passa #4,8 mm (%)	100
Material que passa #0,075 mm (%)	20
Classificação AASHTO ¹	A2-4

¹AASHTO American Association of State Highway and Transportation Officials

Tabela 4 – Composição das misturas de solo-cimento plástico com abatimento de 100 mm

Traços	Proporção de cimento em massa	Proporção de solo em massa	Proporção de aditivo (%)	Proporção de água em relação à massa solo-cimento (%)
SCS1/10	1	10	0	24,11
SCS1/12	1	12	0	24,25
SCA1/10-0,65%	1	10	0,65	23,97
SCA1/12-0,65%	1	12	0,65	22,92
SCA1/10-0,80%	1	10	0,80	23,00
SCA1/12-0,80%	1	12	0,80	22,97

Tabela 5 - Ensaio à compressão simples de corpos de prova de solo-cimento plástico no estudo de dosagem

Traços	Resistência à compressão média aos 7 dias (MPa)	D.P. ¹	C.V ²
SCS1/10	0,88	0,10	11,04
SCS1/12	0,52	0,09	17,67
SCA1/10-0,65%	1,32	0,10	17,06
SCA1/12-0,65%	1,00	0,06	6,93
SCA1/10-0,80%	1,54	0,06	4,07
SCA1/12-0,80%	1,17	0,02	1,57

¹ Desvio padrão médio para os valores encontrados para as amostras.

² Coeficiente de variância encontrado para a amostra.

O estudo de dosagem demonstrou que a resistência aos 7 dias é fortemente influenciada pelo processo de fabricação. Para as misturas com maiores índices de homogeneidade foram verificados maiores valores de resistência à compressão simples. O traço trabalhado

contendo solo:cimento:0,65% de aditivo apresentou valores de resistência à compressão simples aos 7 dias superiores ao valor afixado como mínimo na norma; sem o uso de aditivo, o mesmo traço apresentou valores inferiores.

Segundo o operador, os corpos de prova das misturas contendo aditivo apresentam melhores resultados quanto ao adensamento (adensamento manual), proporcionando maior facilidade de trabalho e melhor acabamento final.

Observou-se ainda, que a mistura é bastante sensível à adição de água, havendo mudanças bruscas de consistência quando adicionados pequenos volumes do líquido. A linha tênue que divide a mistura com pouca fluidez da mistura sem coesão aceitável é alcançada verificando-se rigorosamente os índices de umidade pré-definidos.

3.2 – Caracterização físico-mecânica do solo-cimento plástico com aditivo

Tabela 6 - Ensaio de compressão simples de corpos de prova de solo cimento plástico.

Traços	Resistência à compressão média aos 7 dias (MPa)	D.P. ¹	C.V. ²	Resistência à compressão média aos 14 dias (MPa)	D.P. ¹	C.V. ²	Resistência à compressão média aos 28 dias (MPa)	D.P. ¹	C.V. ²
SCS1/12	0,47	0,04	7,87	0,71	0,10	13,68	0,98	0,04	3,77
SCA1/12-0,65%	1,21	0,0	0,0	1,60	0,11	7,05	2,30	0,07	3,19

¹ Desvio padrão médio para os valores encontrados para a amostras.

² Coeficiente de variância encontrado para a amostra.

Tabela 7 - Ensaio de compressão diametral de corpos de prova de solo cimento plástico.

Traços	Resistência à tração média aos 7 dias (MPa)	D.P. ¹	C.V. ²	Resistência à tração média aos 14 dias (MPa)	D.P. ¹	C.V. ²
SCS1/12	0,69	0,09	13,32	1,38	0,09	6,67
SCA1/12-0,65%	0,98	0,05	4,68	1,67	0,01	0,55

¹ Desvio padrão médio para os valores encontrados para a amostras.

² Coeficiente de variância encontrado para a amostra.

Nas tabelas 6 e 7, pode-se observar que o ganho de resistência aferido ao traço com aditivo é mais acentuado comparando-se ao mesmo traço sem a adição. A mistura, por apresentar menores índices de variabilidade, ou seja, com maior homogeneidade, apresentou valores superiores de resistências, em todas as idades com relação aos valores obtidos na fase de pesquisa de traços para as misturas com 0,65% de aditivo. Para o traço sem aditivo, os valores de resistência permaneceram praticamente os mesmos, já que os índices de variabilidade foram próximos aos observados na fase inicial.

Tabela 8 - Ensaio de absorção de água de corpos de prova de solo-cimento plástico com aditivo

Traços	Valores calculados	Absorção de água (%)		
		7 dias	14 dias	28 dias
SCS1/12	Média	19,32	19,01	18,62
	D. P. ¹	0,57	0,17	0,74
SCA1/12-0,65%	Média	18,59	18,22	17,83
	D. P. ¹	0,32	0,76	0,43

¹ Desvio padrão médio para os valores encontrados para a amostras.

Tabela 9 - Índice de vazios de corpos de prova de solo-cimento plástico com aditivo.

Traços	Valores calculados	Absorção (%)	Índice de vazios (%)	Massa específica seca (g/cm ³)
SCS1/12	Média	19,80	30,99	1,57
	D. P. ¹	0,11	0,23	0,02
SCA1/12-0,65%	Média	18,92	27,68	1,46
	D. P. ¹	0,10	0,13	0,00

¹ Desvio padrão médio para os valores encontrados para as amostras.

As tabelas 8 e 9 revelam a situação de vazios dentro dos corpos de prova com o uso de um aditivo plastificante, que tem a função básica de reduzir a água, mantendo-se a mesma plasticidade, vê-se que a relação água/cimento é reduzida, possibilitando que o aglomerante forme uma rede de cristais bastante próxima, reduzindo-se os vazios intramoleculares.

4 RECOMENDAÇÕES

O estudo de dosagem das misturas de solo, cimento e aditivo mostrou que o alcance da trabalhabilidade e resistências iniciais e finais dependem de uma relação íntima e adequada destes componentes. Nesta pesquisa, verificou-se que os traços contendo aditivos apresentaram valores sensivelmente superiores de resistências à tração e compressão, aos traços que não continham essa substância. Os índices de durabilidade foram mais favoráveis para os traços contendo aditivo.

O traço contendo 1 parte de cimento para 12 partes de solo com 0,65% de aditivo plastificante e relação água-cimento igual a 2,98 apresentou valores de resistências e absorção de água dentro dos limites da norma e o seu uso é indicado, pois, o consumo de cimento é reduzido, comparando-se ao traço contendo uma parte de cimento e 10 partes de solo.

Nota-se que, no processo de dosagem, a mistura que não contém aditivo apresenta uma grande sazonalidade no que diz respeito ao alcance da trabalhabilidade almejada, devendo-se tomar cuidado redobrado na adição de água.

Para regiões com o clima quente e seco, como é caso da região Centro-Oeste, onde foram realizados os testes, a mistura deve ser exposta o mínimo possível, tanto em seu processo de fabricação como no processo de cura, pois a perda de água por evaporação é intensa.

Para a fabricação deste material, é indispensável à caracterização dos materiais envolvidos, principalmente o solo. Para a fabricação em larga escala, recomenda-se que se faça uma estimativa do potencial de fornecimento da jazida de solo, para que não haja a mistura de solo de jazidas diferentes. É aconselhável ainda, que não haja trocas nos operadores, responsáveis pela dosagem do material.

Contudo, a aplicação deste objeto de estudo em paredes monolíticas não portantes é possível, observando-se outros parâmetros, como a retração e processos construtivos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Andrade Filho, J. (1989). *Reforço de solos com utilização de tubulões em solo-cimento*. Dissertação de Mestrado, EESC-USP, São Carlos, 190p.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (1984). NBR 8492 Tijolo Maciço de solo-cimento – Determinação da re - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 1990: ABNT, 5p.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (1990). *NBR 12025 Solo-cimento – Ensaio de compressão simples de corpos de prova cilíndricos - Método de ensaio*. Rio de Janeiro: ABNT, 2p.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (1992). *NBR 12024 Solo-cimento – Moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos*. Rio de Janeiro: ABNT, 5p.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (1994). *NBR 5738 Moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos ou prismáticos de concreto*. Rio de Janeiro: ABNT, 9p.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (1994). *NBR 7222 Argamassa e concreto – Determinação da resistência à tração por compressão*. Rio de Janeiro: ABNT, 3p.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (2005). *NBR 9778 Argamassa e concreto endurecidos – Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica*. Rio de Janeiro: ABNT, 3p.

Lima, Thiago Vicente (2006). Estudo da produção de blocos de solo-cimento com atériasprimas do núcleo urbano da Cidade de Campos dos Goytacazes–RJ. Campos dos Goytacazes. 125p.

Segantini, A.A.S (1994). *Utilização de solo-cimento em estacas apiloadas para obras de pequeno porte*. Dissertação de Mestrado, FEAGRI, UNICAMP, Campinas, SP. 96p.

VEDACIT (2010). *Manual de Aditivos – Argamassas e Concreto* - VEDACIT Indústria e Comércio de Aditivos Ltda. 6ª edição. Disponível em: <http://www.vedacit.com.br/infoteca/biblioteca/1160-manuais-tecnicos>. Acesso em: dezembro, 2011. 131p.

AUTORES

Christian Souza Barboza, mestre em eficiência energética e sustentabilidade, professor assistente da Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD.

Ana Paula da Silva Milani, doutora em construções rurais e ambiência, professora adjunta da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul – UFMS, membro do PROTERRA e da Rede TerraBrasil; coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Eficiência Energética e Sustentabilidade da UFMS.

RESISTÊNCIA À ABRASÃO DE TINTAS PRODUZIDAS COM PIGMENTOS OBTIDOS POR DISPERSÃO MECÂNICA E QUÍMICA DE SOLO CAULINÍTICO

**Fernando P. Cardoso¹; Rita de Cássia S.S. Alvarenga²; Anôr Fiorini de Carvalho³;
Maurício P. F. Fontes⁴**

Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, Brasil

^{1,2}Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Departamento de Engenharia Civil,

^{3,4}Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Solos

¹fernando.pcardoso@yahoo.com.br; ²ritadecassia@ufv.br; ³anorcarvalho@gmail.com; ⁴mpfontes@ufv.br

Palavras-chave: tintas de solos; dispersão mecânica; dispersão química; resistência à abrasão.

Resumo

No aperfeiçoamento de processos de produção de tintas à base de solos, desenvolvido pelo projeto Cores da Terra, foram identificadas dificuldades para desagregar os solos, estabilizar as suspensões, homogeneizar e emulsificar as misturas com resinas adesivas para garantir boa viscosidade e resistência à abrasão às tintas. Este trabalho discute o efeito isolado e combinado da dispersão mecânica e química sobre um solo caulinitico e de duas resinas sobre a resistência à abrasão das tintas. A dispersão mecânica foi realizada com o disco *Cowless* e a química com a adição de NaOH. As resinas utilizadas foram o poliacetato de vinila (PVA) e o polivinil-álcool (à base de PVA, NaOH e álcool etílico). As formulações foram delineadas nos seguintes experimentos de mistura: F01-04. Dispersão mecânica e adições graduais de PVA; F05-07. Dispersão mecânica e química e adições graduais de PVA; F08-10. Dispersão mecânica e ação combinada da dispersão química e efeito adesivo promovido pelo polivinil-álcool. Os resultados demonstraram a instabilidade da viscosidade das amostras F01-04, devido à emulsificação das tintas, e que, para as amostras F05-07 e F08-10, a viscosidade manteve-se estável. A resistência à abrasão das amostras F04, F08, F09 e F10 atendeu aos requisitos da NBR 15078, enquanto as demais apresentaram resultados inferiores ao determinado pela norma. Diante disso, conclui-se que, a ausência de NaOH, no caso das amostras F01-04, prejudica a estabilidade da viscosidade das tintas, enquanto que, com a adição de NaOH, no caso das amostras F05-07, o efeito da resina PVA sobre a resistência à abrasão é prejudicado. Já para o caso das amostras F08-F10, o uso do polivinil-álcool combinado com a dispersão mecânica atendeu às demandas de resistência à abrasão e estabilidade da viscosidade esperadas.

1. INTRODUÇÃO

No meio rural brasileiro, a pintura era realizada com solos, prática popularmente denominada “barreado”. A prática de “barrear” consistia em aplicar solos diluídos em água nas paredes – geralmente barro branco ou tabatinga – com o uso de um pano. O barreado era a última camada a ser aplicada sobre as paredes de adobe ou pau-a-pique. Apesar da escassez de referencial teórico relativo às suas origens, o barreado parece ter sido a técnica mais empregada para a pintura de paredes no meio rural brasileiro até meados do século XX, quando foram implantadas as primeiras indústrias de tintas no Brasil (Cardoso et al., 2013 e Uemoto, 1993). Também eram utilizados solos com outras colorações, tais como os vermelhos e os ocre, mas de forma mais restrita. A condição para se aplicar determinado solo era a predominância de argila em sua composição, pois a elevada superfície específica de suas partículas promove uma maior aderência ao substrato.

No entanto, as forças de interação entre as partículas das argilas, e dessas com as superfícies, não são suficientes para garantir a resistência e a durabilidade do barreado às intempéries, o que demanda manutenções frequentes. Segundo relatos, uma porção de barro branco era estocada sob os assoalhos das casas para o fim de realizar as manutenções, que se davam com mais frequência na cozinha (devido à fuligem gerada pelo fogão à lenha) e em períodos maiores nas demais paredes, internas e externas. Apesar da realização das manutenções ser uma prática tradicional, esse é o principal fator que

determina o desuso do barreado e sua substituição por tintas industrializadas (Cardoso et al., 2013).

Apesar disso, ainda é possível encontrar comunidades rurais nas quais os moradores ainda utilizam o barreado. No entanto, isso se dá mais por carência de recursos financeiros que pela vontade de preservar a técnica (Cardoso et al., 2013). Por outro lado, a emergência das questões ambientais e a valorização dos conhecimentos populares apontam no sentido do resgate e aperfeiçoamento da técnica, em contraposição ao uso das tintas industrializadas, mais caras e nocivas ao meio ambiente, devido à presença de aditivos constituídos por compostos orgânicos voláteis (Uemoto et al., 2006).

Portanto, torna-se necessário estimular a autoprodução de tintas mais baratas e menos nocivas, por meio de estudos que integrem os conhecimentos populares e os técnico-científicos, levando ao desenvolvimento de tecnologias sociais.

Diante disso, pesquisadores do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa (UFV), por meio do projeto Cores da Terra, desenvolvem novos procedimentos para aperfeiçoar o processo de produção do barreado, como forma de conferir à técnica características de uma tinta propriamente dita. Para tanto, os solos são dispersados para obter suspensões de partículas em água, que vão constituir filmes estáveis sobre as superfícies depois de secos. A estabilidade e a aderência das películas às superfícies são garantidas pela adição da resina poliacetato de vinila (PVA), o que confere ao barreado as características de uma tinta látex – PVA (Cardoso et al., 2013).

O projeto realiza atividades de resgate de técnicas tradicionais de pintura que utilizam pigmentos de origem mineral e a difusão de conhecimentos por meio de cursos destinados a estudantes, comunidades e profissionais da área da construção civil. Desde 2005 foram realizados aproximadamente 100 cursos em 14 estados brasileiros (Fares; Carvalho, 2013).

No entanto, das experiências realizadas surgiram diversas limitações relativas à compreensão da interação Solo x Água x PVA. Os relatórios de atividades de extensão realizadas pelo projeto registram com frequência a dificuldade de obtenção de suspensões homogêneas com solos argilosos e, principalmente, problemas para aplicação e aderência das tintas em processos de repintura (Fontes et al., 2013). Concomitantemente, o conhecimento das interações que ocorrem entre as partículas que constituem os solos (argila, silte e areia) e dos métodos de tratamento dos pigmentos também se apresentou como um limite a ser transposto para se produzir tintas de qualidade (Cardoso et al., 2013).

Assim, o conhecimento dos métodos de dispersão dos pigmentos e da interação dos mesmos com a resina PVA, aumenta o poder preditivo da qualidade das tintas produzidas à base de solos, à luz dos requisitos de desempenho determinados pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

2. MARCO TEÓRICO

Os pigmentos de origem mineral são utilizados para a produção de tintas desde cedo na história da humanidade (Hradil et al., 2003). O homem primitivo já conhecia os materiais que podiam ser usados para desenhar nas paredes de sua caverna, como a gibbsita e a limonita (Uemoto, 1993) e, na atualidade, os pigmentos minerais ainda são um dos principais componentes utilizados pela indústria de tintas, em geral como cargas minerais (Luz; Lins, 2005).

A atuação de cada tipo de pigmento está relacionada às suas características físicas e químicas e à sua interação com os outros componentes básicos: os diluentes e os aglutinantes que tem, respectivamente, a função de conferir às tintas as condições ideais de pintura, visando facilitar o trabalho de aplicação e alastramento; e de formar a película protetora na qual se converte a tinta depois de seca.

Para tanto, a indústria utiliza procedimentos para dispersar as partículas dos pigmentos e colocá-las em suspensão. Os principais procedimentos utilizados são mecânicos, com o uso

de discos dispersores e moinhos (Fazenda, 2005), sendo o disco dispersor *Cowless* a principal ferramenta utilizada para tal fim.

Para estudar aspectos físicos e mineralógicos dos solos, também são utilizados procedimentos para a dispersão das partículas e suspensão das mesmas no meio, com o uso de dispersantes químicos, sendo o principal o hidróxido de sódio – NaOH (EMBRAPA/CNPS, 1997). O cátion trocável Na^+ tende a dispersar os aglomerados das partículas de argila no meio aquoso por formar um potencial zeta adequado à repulsão, o que provoca um aumento da superfície das partículas, acessível à água (Santos, 1975).

Em tecnologia cerâmica realiza-se a defloculação de argilas para obter maior homogeneidade das massas e assim reduzir os defeitos no produto acabado (Gomes et al., 2005). A máxima defloculação (individualização das partículas) se dá por meio da adição crescente de defloculante em solução aquosa. Os defloculantes usados são geralmente: hexametáfosfato de sódio, hidróxido de sódio, carbonato de sódio, pirofosfato de sódio, silicato de sódio, etc. (Santos, 1975). Esse ensaio é feito medindo-se a viscosidade em viscosímetros, e obtém-se uma curva de defloculação, que relaciona viscosidade com massa de defloculante. O ponto mínimo de viscosidade é o que corresponde à máxima dispersão dos agregados de partículas, isto é, individualização das unidades cinéticas das argilas (Santos, 1975). Dessa forma é possível conhecer a quantidade mínima de defloculante necessária para a máxima individualização das partículas.

Assim, para a produção de tintas que utilizam pigmentos extraídos dos solos, pode-se combinar tanto os procedimentos desenvolvidos pela indústria de tintas, quanto aqueles próprios da ciência dos solos e tecnologia cerâmica.

Após equilibrar os aspectos reológicos, o desempenho das tintas deve ser analisado com base em métodos de ensaio determinados por normas da ABNT, que avaliam aspectos como resistência à abrasão, poder de cobertura, dentre outros, para diversas categorias de tintas, sendo as de interesse desse trabalho aquelas indicadas para a construção civil. Nesse trabalho o requisito de desempenho avaliado foi a resistência à abrasão, de acordo com a NBR 15078:2006 - Tintas para construção civil - Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais - Determinação da resistência à abrasão úmida sem pasta abrasiva.

3. METODOLOGIA

A pesquisa obedeceu aos seguintes procedimentos:

- a) Realização do ensaio de defloculação de barbotinas, conforme Santos (1975): Deve-se, num primeiro momento, adicionar um volume de água para três de argila seca, de modo a produzir uma massa consistente; em seguida, deve-se preparar uma solução de NaOH, que, no caso em questão consistiu em diluir 30 g de NaOH em 100 ml de água; depois, deve-se adicionar uma quantidade determinada da solução à massa – no caso em questão, de 3 ml para a primeira medição e 1 ml para cada uma das demais –, agitar até homogeneizar e por fim, medir a viscosidade. O procedimento de adicionar a solução de NaOH, homogeneizar e medir a viscosidade deve ser repetido até se perceber o aumento da viscosidade;
- b) Preparação das amostras de tintas e dos corpos de prova: Sabida a quantidade de defloculante necessária para individualizar as partículas da argila e colocá-las em suspensão, foram preparadas as amostras de tintas, de acordo com três composições básicas: água + argila + PVA; água + argila + PVA + NaOH; água + argila + polivinil-álcool (álcool etílico + NaOH + PVA). As formulações produzidas estão apresentadas na Tabela 1:

Tabela 1: Formulações produzidas.

FORMULAÇÕES					
Ref.	Água (ml)	Argila (g)	PVA (g)	NaOH (g)	Álcool etílico 46% (ml)
F01	250	150	0		
F02	250	150	15		
F03	250	150	26,25		
F04	250	150	37,5		
F05	250	150	37,5	0,3	
F06	250	150	37,5	0,6	
F07	250	150	37,5	0,9	
F08	133,33	150	37,5	0,9	66,67
F09	66,67	150	37,5	0,9	133,33
F10	0	150	37,5	0,9	200

A produção das amostras se deu de acordo com as seguintes marchas:

- F01-04: Diluição manual da argila em água, seguida da dispersão mecânica com disco dispersor *Cowless* acoplado em agitador com velocidade de 300 rpm por 10 minutos; em seguida, adição de PVA e mistura com disco dispersor *Cowless* acoplado em agitador com velocidade de 300 rpm por 10 minutos;
- F05-07: Diluição manual da argila em água, seguida da dispersão mecânica com disco dispersor *Cowless* acoplado em agitador com velocidade de 300 rpm por 10 minutos; em seguida, adição da solução de NaOH e homogeneização com disco dispersor *Cowless* acoplado em agitador com velocidade de 300 rpm por 2 minutos; Por fim, adição de PVA e mistura com disco dispersor *Cowless* acoplado em agitador com velocidade de 300 rpm por 10 minutos;
- F08-10: Produção do polivinil-álcool: Mistura manual de álcool com solução de NaOH, seguida da adição do PVA e mistura com disco dispersor *Cowless* acoplado em agitador com velocidade de 300 rpm por 10 minutos; em seguida, diluição manual da argila em água, seguida da dispersão mecânica com disco dispersor *Cowless* acoplado em agitador com velocidade de 300 rpm por 10 minutos; Por fim, mistura de polivinil-álcool e argila diluída com disco dispersor *Cowless* acoplado em agitador com velocidade de 300 rpm por 10 minutos;

Preparação dos corpos de prova, conforme ABNT (2006): A preparação dos corpos de prova para o ensaio de determinação da resistência à abrasão se deu imediatamente após a preparação das amostras de tintas. Para a realização do ensaio, foram coletadas as porções de tinta após homogeneização manual. As amostras foram aplicadas em cartelas de PVC *Leneta* de dimensões de 432 mm por 165 mm (Figuras 1 e 2), utilizando-se um extensor de barra com abertura de 175µm e largura de 150 mm. As cartelas foram submetidas à secagem por 7 dias em ambiente com troca de ar à temperatura de 25 ± 2 °C e umidade relativa de 60 ± 5 %.

c) Realização do ensaio de determinação da resistência à abrasão, conforme ABNT (2006): O ensaio é realizado por uma máquina de lavabilidade, que possui escova de cerdas naturais que é atritada com a película de tinta aplicada sobre a cartela de PVC. A cada minuto, 30 gotas de uma solução de 1% de nonilfenol etoxilado com 10 moles de óxido de eteno (EO) em água destilada são adicionadas à película que está sendo ensaiada. O resultado do ensaio é expresso em número de ciclos necessários para remover 80% do

comprimento da película de tinta (Figura 2), sendo necessário resistir a, no mínimo, 100 ciclos para atender à norma.



Figura 1 (esquerda) e Figura 2 (direita) – Corpos de prova antes e depois do ensaio de determinação da resistência à abrasão.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O ensaio de defloculação indicou que a quantidade de defloculante (NaOH) necessária para individualizar as partículas foi de 0,9 para 150 g de argila, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – Resultados do ensaio de defloculação

ENSAIO DE DEFLOCULAÇÃO	
NaOH (g)	Viscosidade (cp)
0,45	350
0,6	75
0,75	40
0,9	2
1,05	4
1,20	12

Os resultados do ensaio de determinação da resistência à abrasão estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Resultados do ensaio de determinação da resistência à abrasão.

FORMULAÇÕES E RESISTENCIA À ABRASÃO						
Ref.	Água (ml)	Argila (g)	PVA (g)	NaOH (g)	Álcool etílico 46% (ml)	Resist. Abrasão (ciclos)
F01	250	150	0			0,5
F02	250	150	15			20
F03	250	150	26,25			28
F04	250	150	37,5			425
F05	250	150	37,5	0,3		33
F06	250	150	37,5	0,6		21
F07	250	150	37,5	0,9		80
F08	135	150	37,5	0,9	65	500
F09	65	150	37,5	0,9	135	300
F10	0	150	37,5	0,9	200	270

A definição das formulações teve como objetivo avaliar os efeitos da ação isolada e combinada de dois métodos de dispersão de partículas: mecânico (disco dispersor Cowless) e químico (defloculante NaOH). Sabida a quantidade de NaOH necessária para realizar a individualização total das partículas (0,9 g em 150 g de argila), também se optou por variar a quantidade de NaOH, no caso das formulações F05-07, para avaliar sua influência sobre a viscosidade (qualitativamente) e a resistência à abrasão.

Os resultados demonstraram a instabilidade da viscosidade das amostras F01-04, devido à emulsificação das tintas, e que, para as amostras F05-07 e F08-10, a viscosidade manteve-se estável (Figuras 3, 4 e 5).



Figura 3 (esquerda) – Efeito emulsificado da amostra F03;
Figura 4 (centro) e Figura 5 (direita) – Estabilidade da viscosidade das amostras F07 e F08.

A resistência à abrasão das amostras F04, F08, F09 e F10 atendeu aos requisitos da NBR 15078, enquanto as demais apresentaram resultados inferiores ao determinado pela norma.

Em F03 e F04 percebe-se que o limiar do consumo de PVA para chegar à resistência à abrasão de 100 ciclos é mínimo. Para o caso de F07, percebe-se que a resistência à abrasão, mesmo não atendendo à NBR15078, chegou a seu valor máximo para a quantidade ideal de NaOH, sem prejudicar a viscosidade. Nesse caso, um pequeno incremento na quantidade de PVA parece ser o suficiente para alcançar 100 ciclos de resistência à abrasão, mantendo-se a viscosidade estável.

Já em F08-10, o uso do polivinil-álcool apresentou-se como uma alternativa de baixo custo e alta eficiência quanto à viscosidade e a resistência à abrasão. Quantidades menores de

PVA e/ou de álcool etílico parecem ser suficientes para alcançar 100 ciclos de resistência à abrasão.

Quando se adiciona o NaOH, as partículas se individualizam por repulsão elétrica, o que garante a estabilidade da dispersão. Ao se adicionar o PVA, o que se espera é que a resina envolva as partículas e as faça se aderirem umas às outras. No entanto, a repulsão entre as partículas parece manter-se ativa e impedir a formação da rede polimérica. Cabe lembrar que a rigidez dielétrica da água é alta, o que dificulta a atração dos íons positivos com os negativos. Já quando se adiciona o álcool etílico, de baixa rigidez dielétrica (que faz com que os íons negativos e positivos se atraiam), o efeito da alta rigidez dielétrica da água parece ser atenuado, permitindo assim a formação da rede polimérica e o aumento da resistência à abrasão.

5. CONCLUSÕES

Conclui-se que, a ausência de NaOH, no caso das amostras F01-04, prejudica a estabilidade da viscosidade das tintas, enquanto que, com a adição de NaOH, no caso das amostras F05-07, o efeito da resina PVA sobre a resistência à abrasão é prejudicado. Já para o caso das amostras F08-F10, o uso do polivinil-álcool combinado com a dispersão mecânica atendeu às demandas de resistência à abrasão e estabilidade da viscosidade esperadas.

Sendo assim, a realização do ensaio de defloculação, bem como a combinação dos efeitos da dispersão mecânica com a química parece influenciar positivamente a viscosidade das tintas, fator importante para a prática da pintura.

E, por fim, o uso do polivinil-álcool apresenta-se como uma proposta promissora, sendo que a adição de pequenas quantidade de álcool-etílico resultou em ótimas viscosidades e resistências à abrasão.

No entanto, a compreensão dos aspectos físico-químicos que comandam as interações dos componentes utilizados, bem como desses com as superfícies, apresenta-se como uma limitação a ser superada.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT (2006). NBR 15078. Tintas para construção civil - Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais - Determinação da resistência à abrasão úmida sem pasta abrasiva. Rio de Janeiro: ABNT.

CARDOSO, F. P; CARVALHO, A. F; PIRES, F. J. (2013). Os efeitos da desagregação mecânica dos solos na qualidade das tintas imobiliárias produzidas a base de pigmentos e cargas minerais. Anais do 13º Seminário Iberoamericano de Arquitectura e Construcción com Tierra – SIACOT, Valparaíso – Chile, CD-ROM.

EMBRAPA, CNPS (1997). Manual de métodos de análises de solos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos.

FARES, A. R; CARVALHO, A. F. Cores da Terra: Colhendo solos, semeando rumos. Projeto de extensão PIBEX/UFV. Viçosa: UFV, 2013

FONTES, M. P; CARVALHO, A. F; CARDOSO, F. P. (2013). Qualidade de tintas imobiliárias produzidas à base de solos relacionada às propriedades mineralógicas, químicas e físicas. Relatório de pesquisa. Viçosa: DPS-UFV.

FAZENDA, J.M.R. (2005). Tintas e vernizes: Ciência e tecnologia. 3. ed. São Paulo: Edgard Blücher.

GOMES, C.M.; REIS, J.P; OLIVEIRA, A.P.N.; HOTZA, D. (2005). Defloculação de massas cerâmicas triaxiais obtidas a partir do delineamento de misturas. Cerâmica, 51: 336-342.

HRADIL, D; GRYGAR, T; HRADILOVÁ, J; BEZDICKA, P. (2003). Clay and iron oxide pigments in the history of painting. *Applied Clay Science* 22, p. 223–236.

LUZ, A. B; LINS, A. F. (2005). Rochas e minerais industriais: Usos e especificações. Rio de Janeiro. CETEM/MCT, 867 p.

SANTOS, P. S. (1975). Tecnologia de argilas. Vol. 1: Fundamentos. São Paulo: Edgard Blucher.

UEMOTO, K. L. (1993). Pintura a base de cal. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas; Associação dos Produtores de Cal, 69 p.

UEMOTO, K.L.; IKEMATSU, P.; AGOPYAN, V. (2006). Impacto ambiental das tintas imobiliárias. *Coletânea Habitare*, vol. 7, Construção e Meio Ambiente. Porto Alegre: Habitare.

AGRADECIMENTOS

À Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio ao projeto.

AUTORES

Fernando de Paula Cardoso: Graduação em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal de Viçosa – UFV; Estudante de mestrado em Engenharia Civil (Engenharia da Construção) pela Universidade Federal de Viçosa; Pesquisador do projeto Cores da Terra, vinculado aos Departamentos de Solos e Engenharia Civil da UFV.

Rita de Cássia Silva Sant’Anna Alvarenga: Graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Viçosa – UFV; Mestrado e Doutorado em Engenharia Civil pela USP; Professora adjunta do Departamento de Engenharia Civil da UFV.

Anôr Fiorini de Carvalho: Graduação, mestrado e doutorado em Agronomia pela Universidade Federal de Viçosa; Coordenador do projeto Cores da Terra; Professor adjunto do Departamento de Solos da UFV; Coordenador do projeto Cores da Terra.

Maurício Paulo Ferreira Fontes: Graduação em Agronomia e Mestrado em Fertilidade do Solo pela Universidade Federal de Viçosa e Doutorado em Mineralogia e Química de Solos na North Carolina State University; Professor adjunto do Departamento de Solos da UFV.

MODELAMIENTO DE MUROS DE TIERRA ARMADA ESTRUCTURADAS CON CAÑA CARRIZO (*Arundo donax L.*)

Javier Cerón Uribe¹; María Méndez Landa²

Centro de Estudios para Comunidades Saludables – Universidad Ricardo Palma, Lima-Perú
Avenida Benavides 5440 – Lima 33 Teléfono 708000 anexo 8338
E-mail: ¹javii.ceron@hotmail.com, ²cecos@urp.edu.pe

Palabras claves: Tierra cruda, tierra armada, materiales naturales, caña carrizo

Resumen

El Perú cuenta con un gran pasado de construcción con tierra en diferentes modalidades. En los últimos tiempos la construcción con este material, pese a haber sido avasallado por los materiales 'modernos', está tomando nuevo auge debido a las corrientes ecológicas del mundo. Conocidas las deficiencias de este material en su comportamiento sísmico, más aún en un país de alta vulnerabilidad sísmica como es el Perú, se plantea el estudio del comportamiento estructural, mediante modelamiento, de un muro de tapia apisonada reforzada con una estructura de caña carrizo (*Arundo donax L.*) con la finalidad conformar muros de tierra armada. La propuesta se basa en el empleo de materiales naturales, de fácil acceso y bajo costo para su empleo en la construcción. Se realizó un estudio previo que definió al *Arundo donax L.* (caña común, caña brava o caña carrizo) planta común semejante al bambú con un comportamiento similar. El presente estudio comprende el análisis de cañas de ϕ 0,025 m, a fin de definir el comportamiento estructural de cada caña, con los datos obtenidos se plantea una estructura de cañas carrizo, colocadas tanto en sentido vertical como horizontal, la cual es modelada mediante programas especializados. Los resultados de este modelado permiten definir las dimensiones idóneas y la forma de entramado a fin de plantear su empleo para la elaboración de muros de tierra armada, el cual permite reducir el impacto de la fuerza sísmica que recibe el muro de tierra. Esta propuesta de muro de tierra armada tiene como característica principal la reducción del espesor de un muro de tapa apisonada, con un mejor comportamiento sismo resistente, permitiendo la construcción de edificaciones en espacio reducido pero conservando sus características ecológicas, económicas, y sobre todo reduciendo su vulnerabilidad sísmica.

1. ANTECEDENTES

En la actualidad, tanto la ingeniería como la arquitectura han orientado sus objetivos hacia las construcciones sustentables, esto con el fin de lograr edificios cuyo impacto sobre el medio ambiente sea mínimo o nulo, en la búsqueda de no comprometer los recursos para el futuro.

Bajo este enfoque, se encontró una corriente de profesionales experimentando nuevas alternativas de empleo de la tierra como material constructivo. Esto debido a que la tierra está considerada como uno de los materiales constructivos totalmente ecológicos. Dentro de los sistemas que utiliza materiales no contaminantes como la tierra cruda, y que tiene como única fuente de energía el sol, se tiene a la tapia y al adobe.

El Perú conserva un valioso patrimonio, urbano y rural de edificaciones construidas con tierra, adobe, tapia o quincha (entramado de cañas, madera relleno con tierra), sistemas que en la actualidad han quedado en desuso debido al espesor de los muros (60 cm a 100 cm) y al tiempo de ejecución empleado. Otro motivo por el cual se han descartado estas técnicas es por la alta vulnerabilidad de estas edificaciones ante la actividad sísmica del país, debido a que en la actualidad no conservan las técnicas constructivas ancestrales.

Por los motivos anteriormente expuestos es necesario el desarrollo de alternativas de reforzamiento que tengan en cuenta no solo los aspectos técnicos relacionados con el comportamiento del material y del tipo constructivo sino las condiciones socioeconómicas y a las características históricas culturales de estas edificaciones.

2. MARCO TEÓRICO

Estudios previos han servido como fundamento del comportamiento de muros de tierra, en especial de los muros de tapia, con la finalidad de plantear un sistema de refuerzo que permita reducir el espesor de muros de tierra cruda.

Doat et al (1990) al comparar la técnica del adobe con la de la tapia concluyen que, como sistema constructivo, la tapia trabaja mejor. Esto debido a que el sistema constructivo de la tapia se basa en que es una construcción monolítica y como consecuencia, posee una mayor estabilidad. El comportamiento estructural de los muros de tierra ante los impactos horizontales de un sismo, y que alcanzan al muro perpendicularmente, muestran que solamente los muros de gran espesor, tienen la capacidad de resistir estas cargas laterales sin requerir elementos de estabilización adicionales.

En cuanto a las diferentes técnicas de construcción de tapia, consideran dos categorías: tapias monolíticas, cuyos muros son construidos de manera homogénea, y, tapias mixtas, en las que aparecen elementos verticales (machos o machones) compuestos por diferentes materiales no apisonados, embutidos en el muro como refuerzo (Maldonado et al, 1997).

Méndez et al (2010) hacen mención a Minke (2001), acerca de las características que deben tener las construcciones en tierra respecto a la relación entre la resistencia de una estructura y su ductilidad. Al escogerse una solución con estructura de resistencia mediana, los movimientos sísmicos causaran solamente deformaciones plásticas moderadas.

Las técnicas empleadas a las construcciones de tierra deben conducir a esta solución intermedia, con capacidad de deformación. Durante un sismo moderado o fuerte, se espera que los muros de tierra presenten fisuras que no interfieran con su capacidad portante evitando así el colapso del techo.

En sismos moderados se pueden tolerar daños menores, como grietas pero de ninguna manera daños estructurales. En sismos de la intensidad de diseño (considerada en la región) se pueden aceptar daños menores estructurales pero no el colapso. Esto implica que la construcción tendrá capacidad de deformación y de absorción de la energía sísmica. (Minke, 2001, p. 14)

El proceso constructivo de un muro de tapia ha sido definido de la siguiente manera:

Consiste en rellenar un encofrado de tierra de entre 0,10 m a 0,15 m compactándolas con un pisón. En cuanto al encofrado, éste se compone por dos tablas paralelas colocadas en cada lado externo del muro, unidos por un travesaño...la ventaja del uso de la técnica del tapial respecto a otras técnicas de construcción con barro, es que el principio de éstas últimas se basa en utilizar el barro en estado más húmedo, mientras que la técnica del tapial al contener muy poca humedad brinda una retracción mucho más baja y por consiguiente brinda una mayor resistencia. (Minke, 2001, p. 21)

Para el estudio de la caña carrizo, y al no contarse en el país con normativas al respecto, se ha tomado como referencia la normativa sobre construcciones en bambú, pese a las diferencias existentes, la que menciona que, en cuanto a la deformación natural de la caña, la deformación inicial no debe ser mayor al 0,33% de la longitud del elemento, pues lo contrario puede diferir su resistencia máxima (Norma E.100, 2012, p. 6)

Esta norma considera, así mismo que

los elementos estructurales de bambú deberán diseñarse teniendo en cuenta criterios de resistencia, rigidez y estabilidad. Deberá considerarse en cada caso la condición que resulte más crítica; además, deberá diseñarse para que los esfuerzos aplicados (cargas de servicio y modificados) sean iguales o menores que los esfuerzos admisibles del material (Norma E.100, 2012, p. 7)

Criterios que han sido considerados para el diseño de la armadura de los muros de tierra armada.

En cuanto a la modelación estructural, está basada en la normativa vigente que menciona:

El análisis dinámico de las edificaciones podrá realizarse mediante procedimientos de combinación espectral o por medio de análisis Tiempo-Historia; además

menciona que para edificaciones convencionales podrá usarse el procedimiento de combinación espectral; y para edificaciones especiales deberá usarse un análisis Tiempo-Historia (Norma E.030, 2010, p. 22)

3. METODOLOGÍA

El estudio ha comprendido dos etapas. La primera contempla una serie de pruebas empíricas para el análisis de las cañas carrizo (*Arundo donax L.*) orientadas a obtener sus propiedades mecánicas; así como ensayos de laboratorio para obtener las propiedades mecánicas del suelo y sus parámetros de resistencia, datos que serán empleados posteriormente. La segunda etapa comprendió una simulación virtual, mediante el uso de un software especializado, VISUALFEA, para análisis estructural que trabaja con elementos finitos, del comportamiento de dos encuentros en 'T' y a la cual se aplicaron los datos obtenidos tanto de las cañas carrizo como de las muestras de suelo analizadas.

Finalmente, el estudio comprende un análisis comparativo entre los resultados estructurales del primer modelamiento, a un encuentro en 'T' de un muro de tierra apisonada simple, y del segundo, a un muro de tierra apisonada estructurado con una armadura de cañas carrizo (muro de tierra armada), a fin de realizar la propuesta estructural final.

4. PROCEDIMIENTO

4.1 Estudio de las cañas carrizo

Esta etapa se inició con el planteamiento de tres longitudes de cañas a ser evaluadas, para ello se emplearon cinco muestras por cada medida (0,60 m, 1,20 m y 2,40 m) a las que se sometió a diferentes fuerzas perpendiculares al eje de las fibras en forma creciente. Se obtuvo el punto de ruptura y la fuerza de flexión máxima para cada longitud propuesta; con la finalidad de determinar la distribución adecuada que será empleada para el reforzamiento horizontal del muro de tierra.

A fin de conocer la densidad natural de la caña carrizo (*Arundo donax L.*), se empleó muestras de 0,1m de longitud, utilizando la siguiente fórmula:

$$\gamma = \frac{m}{V}$$

γ = Densidad natural (kg/m³)

m = Masa del material (kg)

V = Volumen de la muestra (m³)

El módulo de elasticidad de la caña carrizo se obtuvo de información proporcionada por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento del Perú (Tabla 1).

Tabla 1. Módulo de elasticidad de caña carrizo (Moromi, 2012)

Especie	Módulo de elasticidad (kgf/cm ²)
Caña carrizo	121.885,74

4.2 Estudio de la mecánica del suelo

Con la finalidad de conocer las propiedades mecánicas y parámetros de resistencia del suelo a emplear, se realizaron ensayos en los laboratorios de la Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú (Figura1).



Figura 1. Ensayo de estudio del suelo.

Fotos: Centro de Estudios para Comunidades Saludables Universidad Ricardo Palma (2013)

4.2.1 Ensayo de granulometría (ASTM D422-63)

Este ensayo permite clasificar las partículas del suelo según su diámetro, mediante el empleo de tamices seleccionados.

Una vez culminado el proceso del ensayo; se obtuvo el porcentaje y peso de la muestra de suelo retenido en cada tamiz, el cual se usó para poder determinar la clasificación SUCS que le corresponde al suelo ensayado

4.2.2 Ensayo de límites de consistencia (ASTM D4318- 10)

Ensayo que permite calcular el límite líquido, límite plástico y límite de contracción del suelo.

El límite líquido se obtuvo mediante un procedimiento normalizado, para lo cual se depositó una muestra de tierra humedecida en la cuchara de Casa grande, golpeándola consecutivamente contra la base de la máquina hasta que la zanja recortada, se cierra en una longitud de 12 mm (1/2").

Para determinar el límite líquido, se realizó una gráfica con el número de golpes versus el contenido de humedad en coordenadas normales.

El contenido de humedad obtenido para los 25 golpes da como resultado el límite líquido.

Posteriormente, el límite plástico se obtuvo moldeando una muestra húmeda en forma de un cilindro de 3 mm de diámetro, siguiendo el procedimiento estandarizado. Finalmente, se mide el contenido de humedad, el cual corresponde al límite plástico.

El límite de contracción se obtiene empleando el suelo que pasa por el tamiz #40 el cual permitió determinar cuánto un suelo se contrae cuando se pierde el contenido de humedad.

4.2.3 Gravedad específica (ASTM D854-10)

Se colocó en el picnómetro una muestra de suelo húmedo, el cual mediante procesos estandarizados permitió calcular la relación de vacíos de un suelo y el peso unitario. Ocasionalmente el valor de la gravedad específica puede utilizarse en la clasificación de los minerales del suelo.

4.2.4 Compresión simple (ASTM D2216-06)

Se construyó una pequeña replica de un muro de tierra con el fin de simular el estado real del muro (*in situ*). Luego, se procedió a tallar dos muestras cilíndricas para ser sometidas al ensayo de compresión simple, obteniendo las deformaciones que se generan al aplicar distintos esfuerzos verticales. Finalmente, mediante fórmulas normadas, se calculó los parámetros de resistencia del suelo (Modulo de Young y cohesión); necesarios para efectuar la modelación estructural.

4.3 Modelamiento de la estructura de cañas carrizo

En esta etapa se llevó a cabo el análisis comparativo entre dos modelos propuestos, un muro de tierra y un muro de tierra reforzado con una armadura de cañas carrizo (*Arundo donax L.*); mediante el software VISUALFEA. Este análisis se realizó con la finalidad de conocer en qué medida la flexibilidad de la armadura de cañas (*Arundo donax L.*) reduce los desplazamientos producidos por una fuerza sísmica, así como el tiempo en que la armadura retarda el eminente desplome del muro.

Con respecto a la modelación, se tuvo como base la Norma E.030 del RNE (2013). Se parte del Artículo 18 (Análisis dinámico), donde menciona que para el caso de edificaciones especiales, es decir, no convencionales, se podrá realizar el análisis Tiempo-Historia, lo que conlleva al Inciso 18.3, el cual cita que se debe aplicar como mínimo cinco registros sísmicos. En el presente estudio se optó por emplear un solo registro; el del año 1974 debido a que es considerado el sismo más representativo que azotó la ciudad de Lima hasta la actualidad, causando daño a varias de las viviendas construidas con adobe, al igual que con tapia o tierra.

Las diferentes propiedades físicas obtenidas en la etapa anterior (módulo de elasticidad, densidad, ángulo de fricción y cohesión), fueron requeridas por el software para modelar la estructura. Así mismo para la armadura de cañas carrizo (*Arundo donax L.*), se obtuvieron los datos (densidad y módulo de elasticidad) mediante bibliografía y mediciones realizadas por los mismos autores.

4.3.1 Simulación de un encuentro en 'T' de tierra apisonada

Esta etapa se inició realizando el modelamiento de un encuentro en 'T' con las siguientes características: Alma = 0,75 m, ala = 1,5 m, espesor = 0,40 m y altura = 2,1 m, al que posteriormente se le asignó condiciones de borde (empotramiento en la base que simula el encuentro entre el muro y el sobre cimiento) y propiedades físicas del suelo evaluado. Finalmente se comenzó con el análisis sísmico tanto en dirección X como en Y, del cual se obtuvo los desplazamientos y esfuerzos generados en el muro por la acción del sismo de 1974.

4.3.2 Simulación de un encuentro en 'T' de tierra armada estructurada con caña carrizo

De manera similar, en este análisis se tuvieron las mismas consideraciones en cuanto al modelo, Al que se le adicionó una armadura con cañas carrizo (*Arundo donax L.*), a las cuales de igual manera se les asignó sus propiedades físicas obtenidas (sección hueca de

la caña, densidad natural y módulo de elasticidad). Para finalizar se procedió a realizar el mismo análisis antes mencionado.

5. RESULTADOS

5.1 Resultado de ensayos de cañas

De las pruebas realizadas, al someter a la caña carrizo (*Arundo donax L*) de longitud 0,60 m, a un esfuerzo normal en la parte central de esta y utilizando la fórmula para calcular la densidad natural de la caña tenemos los siguientes resultados.

Tabla 2. Propiedades de la caña carrizo

Propiedades mecánicas de la caña	
Flecha máxima (m)	0,0196
Fuerza máximo (kgf)	60,5771
Densidad natural (kg/m ³)	633,7627

Fuente: Centro de Estudios para comunidades saludables – Universidad Ricardo Palma; Lima, Perú (2013)

5.2 Resultado de ensayos de suelos

De los ensayos realizados en el laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad Ricardo Palma se obtiene los siguientes resultados:

Tabla 3. Propiedades del suelo

Características mecánicas del suelo	
Contenido de humedad (%)	7,142
Peso específico natural (kg/m ³)	1900
Peso específico apisonado (kg/m ³)	2,004
Peso específico relativo del sólido (kg/m ³)	2,645
Límite líquido (%)	22
Límite plástico (%)	17
Límite de contracción (%)	12,59
Índice de plasticidad	5
Clasificación SUCS	CL
Módulo de elasticidad (kgf/cm ²)	180,749
Cohesión (kgf/cm ²)	0,805

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos Universidad Ricardo Palma; Lima, Perú (2013)

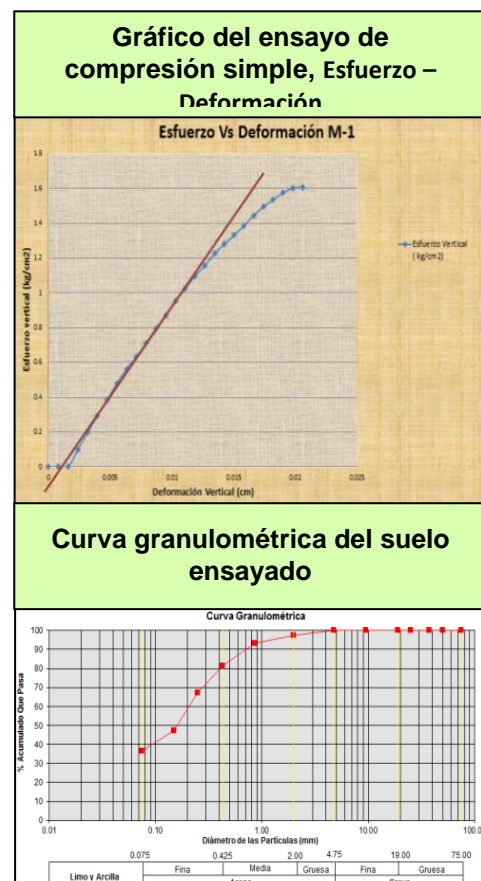


Figura 2. Gráfico de ensayos
Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos Universidad Ricardo Palma; Lima, Perú (2013)

5.3 Resultado de modelación

5.3.1 Muro de tierra sin refuerzo en la dirección “X”

En el primer caso, se presenta los resultados de modelar un muro de tierra sin ningún refuerzo estructural en la dirección “X”. Luego de haber asignado el registro sísmico seleccionado, se ha obtenido el desplazamiento espectral máximo que corresponde a 0,056 m en un periodo de 0,67 s; además se aprecia la variación de las deformaciones y cortantes máximos a lo largo de toda la estructura representado por curvas de nivel, en donde cada color representa el efecto que causa la fuerza sísmica en cada punto de la estructura.

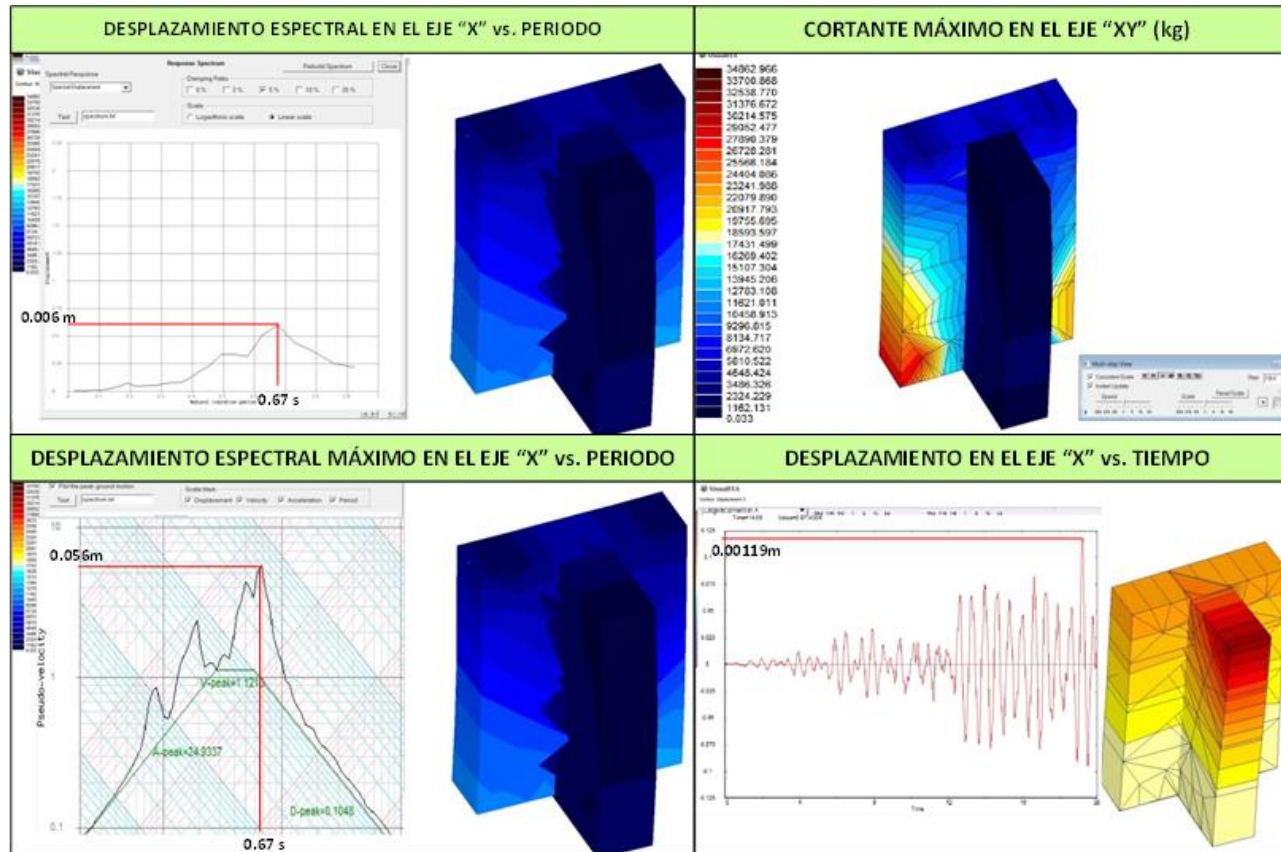


Figura 3. Gráfico de modelación de encuentro en 'T' sin armadura
Fuente: Centro de Estudios para Comunidades Saludables Universidad Ricardo Palma (2013)

5.3.2 Muro de tierra sin refuerzo en la dirección 'Y'

En la dirección 'Y' se observa que el desplazamiento horizontal máximo es de 0,107 m en un periodo de 0,73 s. Este desplazamiento al ser tan elevado, implicaría un inminente desplome del muro y lastimosamente la pérdida de varias vidas humanas en caso de construir con este sistema sin reforzamiento alguno; por esto es que es necesario plantear un sistema de refuerzo para estas construcciones debido al gran peligro que representa.

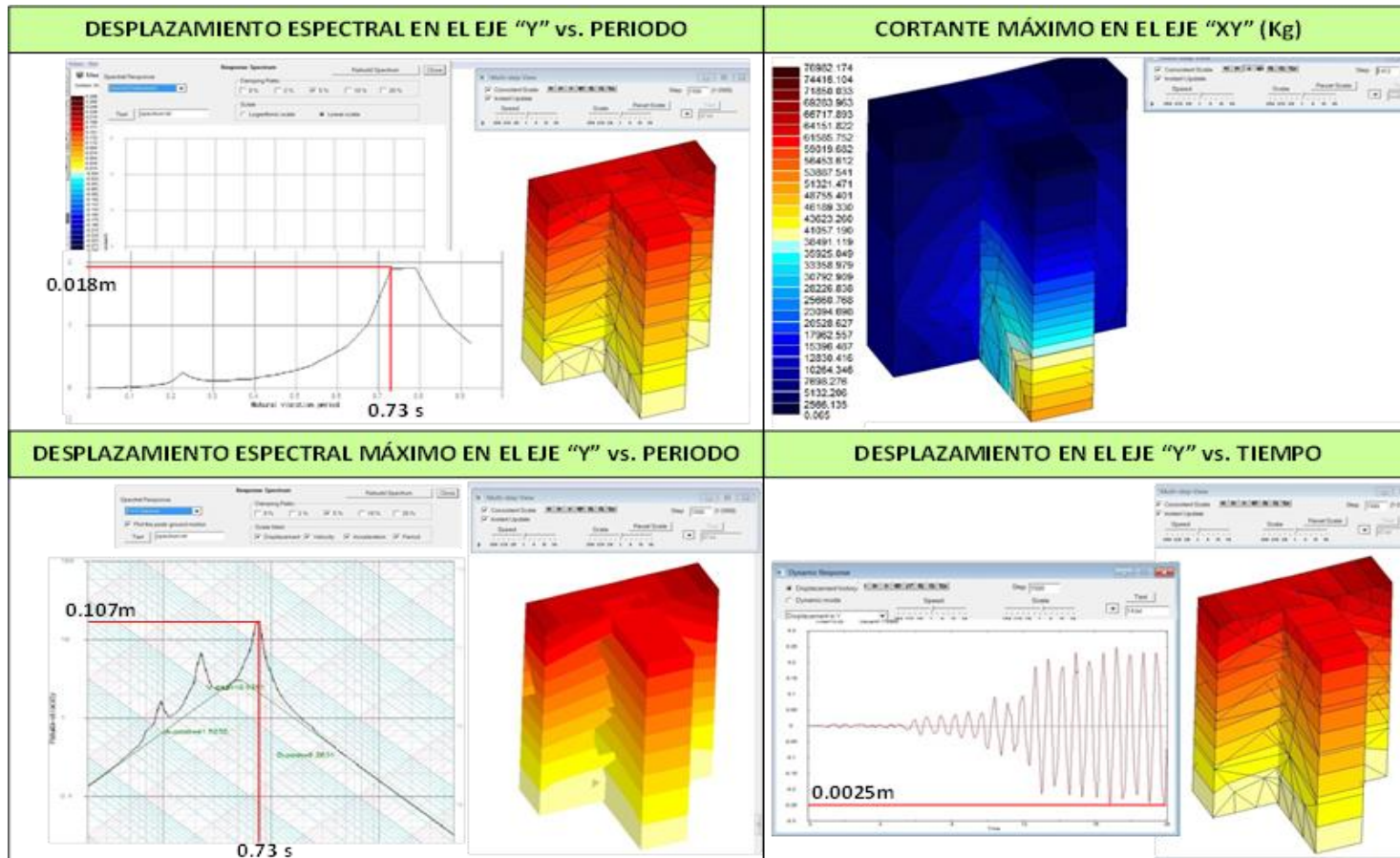


Figura 4. Gráfico de modelación de encuentro 'T' sin armadura
 Fuente: Centro de Estudios para Comunidades Saludables Universidad Ricardo Palma (2013)

5.3.3 Muro de tierra armada en la dirección 'X'

Se ha ingresado el registro sísmico seleccionado al modelo planteado de tierra armada estructurada con una armadura de caña carrizo; donde se obtiene como desplazamiento máximo horizontal a 0,02 m en un periodo de 2,4 s. Se observa que no sólo el desplazamiento horizontal máximo se reduce con respecto al muro sin refuerzo; si no que también, el tiempo en el que ocurre este desplazamiento máximo es mayor; Dicho de otro modo, las personas que habitarían en una vivienda con muros de tierra armada tendrían mayor tiempo para evacuar en comparación con el otro sistema constructivo.

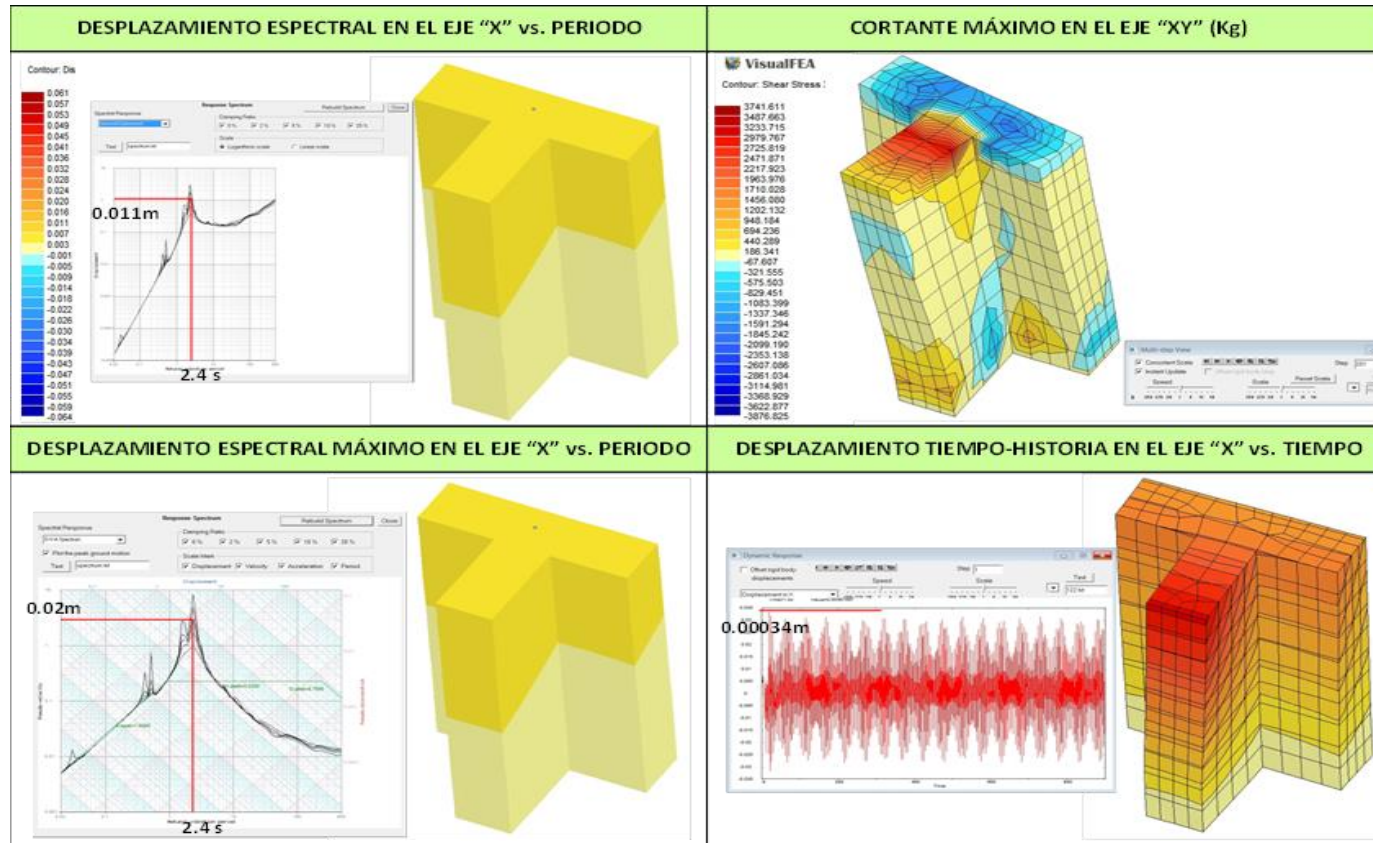


Figura 5. Gráfico de modelación de encuentro en 'T' con armadura de caña carrizo
Fuente: Centro de Estudios para Comunidades Saludables Universidad Ricardo Palma (2013)

5.3.4 Muro de tierra armada en la dirección ‘Y’

Al igual que en el caso anterior se observa que el desplazamiento horizontal en la dirección ‘Y’ también se reduce a 0,037 m en un periodo de 2,5 s; siendo este periodo mayor al del muro sin refuerzo en la misma dirección; en otras palabras, se desplaza una menor distancia en un mayor tiempo a comparación del otro muro. De igual manera que en los casos anteriores se observa que en la parte superior de la estructura es donde la fuerza sísmica actúa con mayor fuerza; y esto se aprecia en la variación de colores que va variando desde la parte inferior, empotrada en la cimentación, hasta la parte superior de la estructura; en donde también se observa que el esfuerzo cortante es donde actúa con mayor fuerza con respecto a todo el muro.

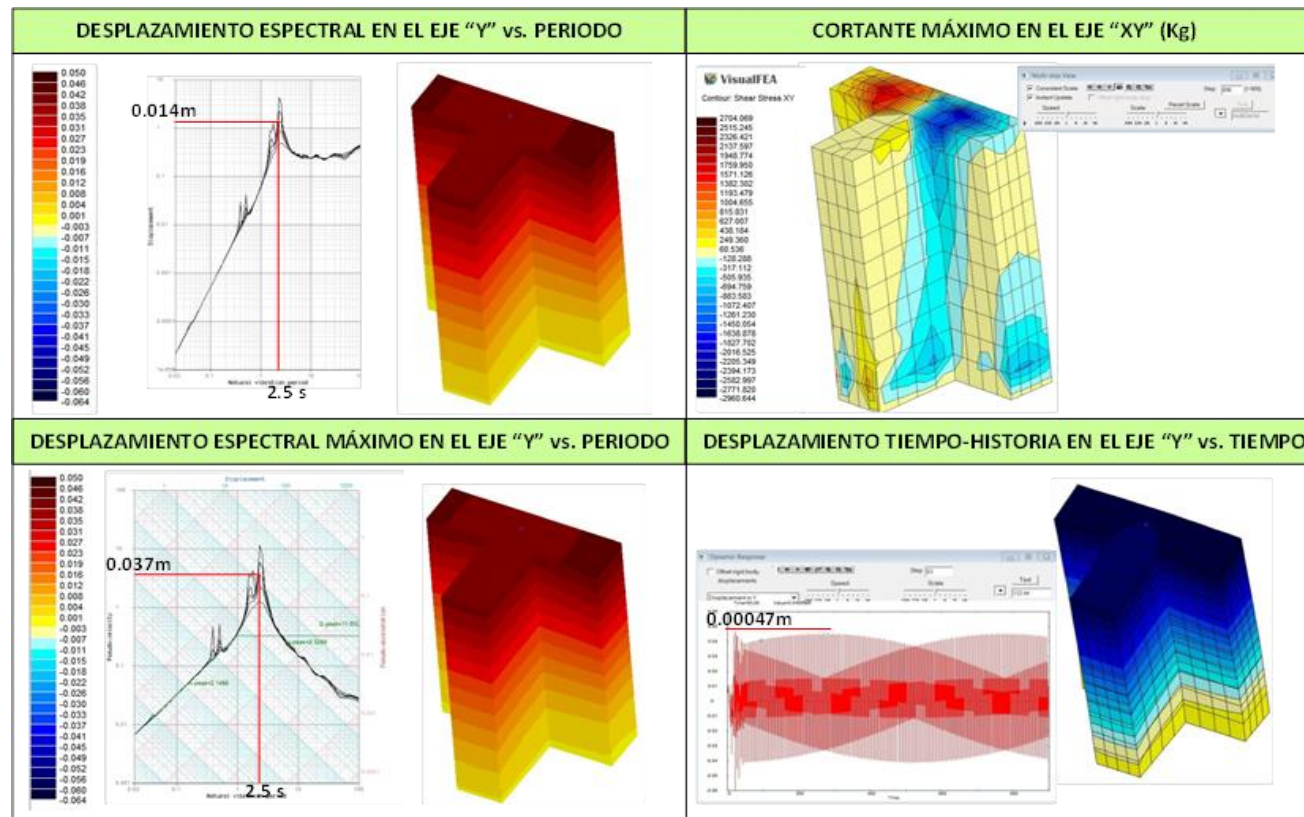


Figura 6. Gráfico de Modelación de Encuentro en ‘T’ con armadura
 Fuente: Centro de Estudios para Comunidades Saludables Universidad Ricardo Palma (2013)

6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- De los ensayos de las cañas carrizo (*Arundo donax L.*) realizados por el Centro de Estudios para Comunidades Saludables, se calculó la fuerza máxima que resistía una caña al ser sometida a una fuerza normal; teniendo como resultado que la caña de longitud 0,60 m es la más idónea, puesto que es la que soportó más fuerza normal antes de llegar a la rotura, es por eso que los refuerzos horizontales se colocan cada 0,60 m.
- De los datos obtenidos en los ensayos de laboratorio se observa que tanto el módulo de elasticidad del suelo como la cohesión, nos reflejan que es un suelo de baja resistencia; y esto se debe a que según la clasificación SUCS resulta ser un 'CL' que significa que es una arcilla de baja compresibilidad; sin embargo se trabajó con este suelo porque es de fácil acceso a los pobladores en la localidad de Pachacamac, provincia de Lima, departamento de Lima, Perú, donde se plantea usar este sistema de construcción, además de ser el suelo que usan los pobladores para hacer sus vivienda ya sea en adobe o cercos de tapia apisonada; posteriormente se propondrán alternativas de mejoramiento del suelo.
- Según los resultados del análisis estructural, se ha obtenido los desplazamientos máximos que sufre el encuentro en 'T' obteniéndose a 0,056 m para el modelo del muro sin reforzamiento, en la dirección "X" y 0,02 m para el modelo de muro estructurado con caña carrizo, en la misma dirección
- Esta estructura de caña carrizo se puede variar según sea los requerimientos sísmicos de diseño; ya que en este primer estudio preliminar se trabajó con un solo registro sísmico; posteriormente se procederá a reubicar las cañas para poder someter al muro de tierra armada a sismos de mayor intensidad observando tanto su comportamiento estructural; así como, la mejora que tendría con respecto a esta armadura propuesta en este estudio.

7. CONCLUSIONES

- Con los resultados obtenidos de la modelación estructural, se ha concluido que debido al empleo de la armadura de caña carrizo (*Arundo donax L.*), el encuentro en 'T' presenta hasta 3 veces menor desplazamiento horizontal comparado con el encuentro en 'T' sin reforzar.
- De los resultados obtenidos se ha llegado a la conclusión de que el muro de tierra armada colapsa de igual manera que el muro de tierra sin refuerzo; no obstante, el tiempo en que el muro reforzado demora en desplomarse, es mayor en 3 veces al tiempo que tarda el muro de tierra apisonada.
- Este sistema constructivo resulta ser eficiente; debido a que, al ser de fácil acceso a las personas, además de reducir considerablemente los desplazamientos horizontales en ambas direcciones.
- La propuesta planteada se ha basado en el empleo de materiales al alcance de cualquier usuario, que a su vez no contaminan el medio ambiente, consumen poca energía, brindan confort climático y son fáciles de trabajar.
- Se debe promover investigaciones basadas en técnicas constructivas tradicionales, complementadas con nuevos conocimientos técnicos a fin de que puedan ser utilizadas en construcciones modernas sostenibles y que a la vez conserve la identidad cultural en cuanto a sistemas constructivos se refiere.
- La tapia, como técnica constructiva, cuenta con antecedentes culturales en el interior del país, ya que es empleada en la construcción de cercos y viviendas muy simples en las zonas rurales. Así también, esta técnica constructiva presenta buenas posibilidades formales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- American Society for Testing and Materials (2006). ASTM D2216-06 *Standard test methods for unconfined compressive strength of cohesive soil*. ASTM.
- American Society for Testing and Materials (2010). ASTM D4318- 10 *Standard test methods for liquid limit, plastic limit and plasticity index of soils*. ASTM.
- American Society for Testing and Materials (1963). ASTM D422-63 *Standard test methods for particle-size analysis of soils*. ASTM.
- American Society for Testing and Materials (2010). ASTM D854-10 *Standard test methods for specific gravity of soil solids by water pycnometer*. ASTM.
- Doat; Hays; Houben; Matuk; Vitoux (1990). *Construir con tierra*, tomo 1, Bogotá: Fondo Rotatorio Editorial; CRAterre. 221 pp.
- Maldonado L., Castilla F. Pascual, Vela F. (1997). *La técnica del tapial en la Comunidad Autónoma de Madrid*. Aplicación de nuevos materiales para la consolidación de muros de tapia. Dpto. de Construcción y Tecnología Arquitectónicas (U.P.M.) Madrid España <http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es> Última revisión 25-03-2012
- Méndez M., Palacios P., Machuca D. (2010). Malla de junco como refuerzo para construcciones en adobe. En: TerraBrasil 2010. *Anais...* Campo Grande: UFMS.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento del Perú (2010). *Norma E.30 del Reglamento Nacional de Edificaciones*. Diseño sismo resistente. Perú. Editora, Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. p. 22
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento del Perú. (2012) *Norma E.100 del Reglamento Nacional de Edificaciones*. Bambú. Perú. Editora, Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.
- Minke, G. (2001). *Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra*. Alemania. Universidad de Kassel. 51 p.
- Moromi, I. (2012). Seminario: *Promoción de la normatividad para el diseño y construcción de edificaciones seguras*. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Perú

AUTORES

- María Teresa Méndez Landa, Magister, doctoranda en Educación, Arquitecta. Profesora Asociada en facultades de Arquitectura e Ingeniería, Universidad Ricardo Palma, Lima-Perú. Coordinadora y directora de proyectos de investigación Centro de Estudios para Comunidades Saludables. Directora de ponencias presentadas al TerraBrasil 2008, 2010 y 2012, SIACOT 2009 y, NOCMAT 2013
- Javier Cerón Uribe, egresado de Ingeniería Civil. Universidad Ricardo Palma. Asistente Técnico en estructuras en HOB Consultores S.A., ex Practicante de estructuras en el Ministerio Transportes y Comunicaciones del Perú. Coautor de ponencia Edificaciones con tapia apisonada reforzada con entramado de carrizo (*Arundo donax L.*) TerraBrasil 2012. Miembro voluntario, ex Coordinador de alumnos del Centro de Estudios para Comunidades Saludables CECOS-BRIGURP.

CARACTERIZACIÓN DE PUZOLANAS NATURALES Y ARTIFICIALES COMBINADOS CON CAL PARA LA ESTABILIZACIÓN DE COMPUESTOS ARCILLOSOS EN MÉXICO

C. Cobreros-Rodríguez¹, J. L. Reyes-Araiza¹, A. Manzano-Ramírez², R. Nava-Mendoza¹,
M. Rodríguez Pérez³, E. M. Rivera-Muñoz³

¹ Facultad de Ingeniería, División de Investigación y Posgrado, Universidad Autónoma de Querétaro, Av. Cerro de las Campanas s/n. Colonia Las Campanas, C.P. 76010, Santiago de Querétaro, Qro., México. carlos_cobreros@yahoo.es

² CINVESTAV-Querétaro. Libramiento Norponiente # 2000, C. P. 76230, Fraccionamiento Real de Juriquilla, Qro. MX

³ Departamento de Nanotecnología, Centro de Física Aplicada y Tecnología Avanzada, Universidad Nacional Autónoma de México-Campus Juriquilla. Boulevard Juriquilla 3001, C. P. 76230, Santiago de Querétaro, Qro. México

Palabras clave: Compuesto arcilloso; Ceniza de paja; Puzolana; Materiales de construcción sustentables

Resumen

En un momento de conciencia sobre los serios problemas ambientales en el planeta y sobre la implicación del sector de la construcción en ello, tenemos que proponer nuevas alternativas. En este sentido la construcción en tierra y la estabilización de materiales arcillosos se ha convertido en uno de los temas más tratados en últimas investigaciones. El cemento Portland es usado habitualmente como agente estabilizante, pero somos conscientes del gran impacto que implica. Una manera de dar un paso más allá en el reducir el impacto de la construcción es el sustituir este uso ordinario de cemento por materiales puzolánicos naturales y artificiales.

En el presente artículo se caracteriza la ceniza de paja de cebada y trigo, la ceniza volcánica, la ceniza volante y el polvo de ladrillo de cerámica cocida, se estudian y comparan sus propiedades puzolánicas en combinación con cal como agente estabilizante de compuestos arcillosos, y se evalúa su aporte en la dotación de una mayor estabilidad y resistencia estructural. Para determinar la actividad puzolánica se estudia la fracción soluble en agua, el módulo de finura, el desarrollo de la resistencia en combinación con la cal hidratada y se aplica el método del conductímetro. Se estudia la evolución de las fases cristalinas por medio de difracción de rayos X durante la reacción puzolánica en combinación con la cal hidratada.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Impacto ambiental en el sector de la construcción

Se sabe que la vida del ser humano gira en torno al hábitat construido, y que la arquitectura en la que se basa este hábitat construido se materializa a través de una construcción basada en una disposición indiscriminada de fuentes de energía (carbón, petróleo y nuclear) que permiten el acceso masivo a recursos minerales. La industria de la construcción es una de los mayores y más activos sectores en crecimiento a nivel mundial. El sector de la construcción, por acciones directas o indirectas, consume más del 40% de la energía producida y es responsable del 30% de las emisiones de CO₂, por acciones directas o indirectas y consume más materia prima que ninguna otra actividad económica (Alrededor de 3000 Mt/año, casi el 50% del total en peso) (Pacheco-Torgal; Jalali, 2012). Este impacto ambiental del sector de la edificación se identifica con el consumo de recursos no renovables (Pacheco-Torgal; Jalali, 2012), la generación de residuos contaminantes que conllevan la aceleración de la destrucción del stock de capital natural por degradación entrópica (Wadel et al., 2010), acrecentado por el actual continuo crecimiento de la población y sus necesidades en términos de edificación e infraestructura (Pacheco-Torgal; Jalali, 2012). El manejo de materiales no locales influye en el costo energético por transporte (Berge, 2001) y la industria de la construcción apenas presta atención a productos o materiales de construcción renovables, naturales y locales.

Actualmente en México, los materiales de construcción que más se usan para vivienda son el tabique rojo¹ y el block². Los hornos empleados para la producción de ladrillos rojos emplean residuos como combustible y son grandes generadores de contaminación; además, en la producción ocurre el uso irracional del suelo, se conforma un sector marginado pues la gente que se dedica a la cocción de ladrillos no cuenta con recursos para invertir en tecnología. Los blocks con llevan todos los problemas que conllevan los materiales basados en el cemento, tales como el alto consumo de energía, de combustibles fósiles, consumo de recursos naturales (Manzano et al., 2011).

Se sabe que el sector de la construcción y la arquitectura por sí solos no pueden resolver los problemas medioambientales del planeta, pero pueden contribuir significativamente. Ante la emergencia de un nuevo paradigma, en el presente trabajo se parte de la idea de cómo la construcción con tierra, y el uso de compuestos arcillosos, puede convertirse en una alternativa ante el panorama ambiental enunciado. La construcción con tierra y los compuestos arcillosos poseen una serie de ventajas, pero también una serie de inconvenientes, y parte de estos últimos se pueden solventar a partir de su estabilización.

El hombre ha construido con tierra desde hace aproximadamente 9000-10000 años (Minke, 2001). Actualmente, casi el 50% de la población vive en construcciones de tierra (Guillaud, 2008), mayoritariamente localizada en países en vía de desarrollo. Sin embargo, hoy día, también se puede encontrar interés en la construcción con tierra en países desarrollados.

La construcción contemporánea en tierra se puede englobar en tierra estabilizada y tierra sin estabilizar, prescribiéndose la tierra estabilizada como una solución adecuada para la crisis de vivienda urbana y la sostenibilidad medioambiental y siendo necesaria para cumplir con los estándares necesarios requeridos en el mercado (Zami; Lee, 2010). Según Guillaud (2008), la tierra estabilizada implica la modificación de las propiedades del sistema tierra-agua-aire, habiéndose identificado alrededor de 130 diferentes agentes estabilizadores, incluyendo el cemento, la cal y el bitumen (Lal, 1995) y concluye que no existe ningún estabilizador ideal que se pueda aplicar indiscriminadamente.

De los diferentes tipos de estabilización, la química se caracteriza por ser aquella donde se añaden materiales o químicos para modificar las propiedades físico-químicas de la tierra, creando matrices con las que aglutinar y abrigar los granos. Una reacción físico-químico puede conllevar la formación de un nuevo material, como una puzolana resultante de la reacción entre la arcilla y la cal. Una de las técnicas más extendidas consiste en la mezcla con aglutinantes cementicios como los basados en cemento o cal, que aglutinan las partículas de suelo juntas por medio de una reacción química. El cemento tiene una reacción principalmente hidráulica, necesita sólo agua para reaccionar y aumentar la resistencia, y la cal, necesita agua y material puzolánico. El cemento es, por ejemplo, uno de los estabilizadores más ampliamente utilizados en BTC. El cemento reacciona químicamente con el agua y también con ciertas partículas finas de tierra (Lima et al., 2012). Sin embargo, la fabricación de cementantes y concretos a base de cemento Portland para construcción contribuye aproximadamente con el 5% de la emisión antropogénica de CO₂ a la atmósfera (Worrel et al., 2001; Gartner; Macphee, 2011).

En la búsqueda de alternativas al cemento Portland, se sabe que se puede recurrir y mejorar el producto incorporando hidraulicidad mediante la adición de puzolanas naturales a la cal: se acelera el proceso de carbonatado, y se adquiere una mayor resistencia a la compresión. Estabilizadores con propiedades puzolanas pueden ligar partículas de suelo juntas y reducir la absorción de agua por parte de las partículas de arcilla (Hossain; Mol, 2011). La adición de materiales puzolánicos y polímeros puede mejorar las propiedades de los compósitos, como el caso de uso exitoso de ceniza volante, escoria, humo de sílice, metacaolín (Toledo Filho et al, 2003).

1.2. Estabilización de compuestos arcillosos a partir de materiales puzolánicos

La ASTM C-125-13b (2013) define las puzolanas como “materiales silíceos o sílico-aluminosos que por sí mismos poseen poca o ninguna actividad hidráulica, pero que finamente divididos y en presencia de agua pueden reaccionar con hidróxido de calcio

(Ca(OH)₂) a temperatura ambiente para formar compuestos con propiedades cementantes”. Las puzolanas se pueden clasificar según características genéticas: puzolanas naturales (rocas piroclásticas, materiales de origen mixto y rocas clásticas) y puzolanas artificiales (cenizas volantes, cenizas de residuos vegetales, esquistos arcillosos calcinados, sílice activa, materiales activados térmicamente, escorias de altos hornos ácidas, arcillas calcinadas) (Massazza, 1998).

La puzolanas naturales calcinadas o artificiales comprenden a los materiales que necesitan modificaciones químicas y mineralógicas para exhibir su actividad puzolánica, por ejemplo los residuos agroindustriales (Villar-Cociña et al., 2011).

En una puzolana se busca identificar la posibilidad de que se hace reaccionar con el hidróxido de calcio para formar compuestos hidráulicos. Esto depende de varios factores, principalmente de sus propiedades puzolánicas. Es importante evaluar velocidad y tiempo de esta reacción. Es importante evaluar velocidad y tiempo de esta reacción. Esto determina su posible empleo. Las puzolanas reaccionan con el hidróxido de calcio (Ca(OH)₂), dando lugar a productos hidratados, silicatos y aluminatos cálcicos (Villar-Cociña et al., 2011). Factores de mayor incidencia en actividad puzolánica: Tamaño de partícula o finura, morfología de la superficie de la partícula, naturaleza amorfa, contenido de sílice y alumina reactiva, pH de la solución y composición química (Taylor, 1997; Larby; Bijen, 1990; Malhotra; Dave, 1999).

1.3. Puzolanas cenizas a partir de residuos agrícolas

Se puede considerar factible técnicamente la aplicación del uso de residuos agrícolas en la producción de componentes de tierra, para evitar el uso de materiales cerámicos a partir de combustión, evitando contaminación ambiental con ello. Usando residuos como reemplazo a los materiales convencionales se ofrece una contribución ambiental sustancial (Lima et al., 2012). La acumulación de residuos agrícolas no gestionados, especialmente en los países en desarrollo ha incrementado la preocupación ambiental. Reciclar diferentes tipos de residuos en materiales de construcción es una solución viable para solucionar los problemas de contaminación y de conservación de los recursos naturales para la generaciones futura (Madurwar et al., 2013). Fairbairn et al (2010) desarrolló un estudio del potencial reducción de emisiones de CO₂ según la metodología desarrollada por *United Nations Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC) y dieron resultados de que con la ceniza de bagazo de caña de azúcar mezclada con cemento se reduce las emisiones de CO₂ y generalmente mejora el comportamiento de los materiales cementicios.

Es muy importante el estudio y desarrollo de cualquier tecnología, procedimiento o método que puede ayudar reutilizarlos de manera eficiente (Villar-Cociña et al., 2008). Con la calcinación de materiales orgánicos se da una descomposición térmica y se produce una ceniza en un tamaño de partícula fina que mezclado con cal se obtiene un material con propiedades aglutinantes (Biricik; Aköz, 1999).

Las plantas obtienen minerales y silicatos del suelo en su proceso de crecimiento. Materiales inorgánicos, en especial silicatos, son encontrados en grandes proporciones en plantas de crecimiento anual como el arroz, el trigo, el girasol, etc. (Biricik; Aköz, 1999). Las condiciones de activación (temperatura y tiempo de retención en horno) son fundamentales en la actividad puzolánica del producto obtenido (Sánchez de Rojas et al., 1999). El parámetro común para determinar si se usa un material residuo agrícola como material puzolánico depende de contenido de silicio.

Hay referencias sobre investigaciones que trabajan sobre cenizas de bagazo de caña de azúcar (Madurwar et al., 2013), cenizas de arroz y entre otros, cenizas de desechos de bambú (Villar-Cociña et al., 2008; 2011).

1.4. Puzolanas cenizas a partir de paja de cereal

A nivel mundial existe una alta producción de cultivos herbáceos cereales, sobre todo de trigo, cebada y maíz, con la paja como el subproducto más conocido y utilizado (Bowyer; Stockmann, 2001). Actualmente estos residuos son incinerados o depositados en el campo

y esto puede ocasionar varios problemas ambientales como la contaminación del aire, la emisión de gases con efecto invernadero y la ocupación de terreno fértil (Karade, 2010). Además, la biodegradación de los residuos lignocelulósicos en los vertederos emite metano, un gas efecto invernadero 72 veces más perjudicial que el CO_2 y a veces el compostaje y la quema de estos residuos no es posible por legislación (Leliveld; Crutzen, 1992).

Ya se ha estudiado la producción de material puzolánico a partir de cenizas de paja de cereal (Biricik; Aköz, 1999). La calidad del material depende del tiempo de calcinación, de la temperatura de calcinación, tiempo de enfriamiento y las condiciones de molienda.

Para la calcinación de la paja, Biricik y Aköz (1999) probaron con calcinación a diferentes temperaturas y tiempos de calcinación, 300°C, 400°C, 500°C, 700°C, 800°C, 900°C y 1000°C y tiempos de 1, 2, 3, 4, 5, 8, 24 y 30 horas. Para determinar el contenido de SiO_2 y ceniza, se quema la paja a $(575 \pm 25)^\circ\text{C}$ en hornos eléctricos. Cuando la temperatura de calcinación es de 800°C, parte de la estructura amorfa se convierte en estructura cristalina. La adecuada temperatura de quema fue determinada entre 570°C y 670°C por 5 horas. En estas condiciones el color gris y blanco indica una quema completa. Biricik y Aköz (1999) llegaron a que la paja de trigo tiene 8,6% de ceniza y el contenido de sílice de la ceniza es del 73%, que la paja quemada a 570°C y 670°C tiene propiedades puzolánicas y que las propiedades puzolánicas de la ceniza quemada a 670°C es mayor. Finalmente concluyen con que la ceniza obtenida de la paja de trigo puede ser usada como material puzolánico.

Bensted y Munn (2000) amplían el estudio de Biricik; Aköz (1999), confirmando que la ceniza de paja de cereal (CPC) es rica en contenido silicio y demuestra propiedades puzolánicas, confirmando que parece tener similitudes con el RHA en su comportamiento puzolánico. Añaden como el proceso de calcinación para la CPC es crítico. El proceso de calcinación debería de ser el óptimo como para maximizar el reparto aleatorio de grupos de SiO_4 , AlO_4 y FeO_4 dentro de la estructura desordenada de la ceniza y minimizando el contenido en minerales y estructuras cristalinas.

Bensted y Munn (2000) hace una comparativa de la CPC con la escoria de altos hornos. Con varios activadores como el cemento portland, la cal, el sulfato de calcio la escoria puede montar compuestos cementicios, resultando un cemento hidratado que gana resistencia a compresión adecuada a los 28 días, además de tener baja permeabilidad. En el caso de puzolanas como el metacaolín, ceniza de combustible pulverizado, cáscara de cacahuate calcinada o CPC es la presencia de álcalis lo que imparte propiedades cementicias a la puzolana. Mejoran la resistencia a los 28 días, bajan la permeabilidad, la temperatura de fraguado y por lo tanto el agrietado por temperatura y mejora la durabilidad en estructuras de concreto.

El hidróxido alcalino NaOH y el KOH, más que el hidróxido de calcio, insta al comienzo de la actividad puzolánica. El contenido alcalino del CPC es alto, con altos contenidos de K 5,85% y de 1,83% de Na según Biricik y Aköz (1999). Para considerar la CPC como un sustituto del cemento en un futuro es importante que el contenido de álcalis no sea fácilmente movable y por lo tanto no sujeto a ser una solución que se pierda con el tiempo. Los álcalis de la CPC deberían ser en su mayoría atrapados y por lo tanto no propensos a ser rápidamente separados mineralógicamente. En este caso sí se puede convertir en un buen sustituto del cemento, y sería la manera de emplear y convertir en producto lo que actualmente es un residuo.

Se necesitan más estudios para terminar de satisfacer los puntos antes enunciados.

Otro estudio destaca como la CPC bien quemada y bien molida puede ser una puzolánica muy activa en condiciones de curado adecuadas (Al-Akhras; Abu-Alfoul, 2002). En esta investigación se estudia el aporte de las CPC en morteros autoclavados, donde la reacción puzolánica guía la formación de silicato de calcio hidratado que es la responsable de la resistencia del concreto.

1.5. Caracterización de las puzolanas y su actividad puzolánica

Con respecto a la caracterización de las puzolanas, en la literatura se encuentran estudios sobre las fases cristalinas y análisis de la composición mineralógica por medio de difracción de rayos X – DRX (Marín et al., 2011), análisis de la morfología de su estructura o microestructura (Villar-Cociña et al. 2011; Cristelo et al., 2012), microanálisis para detectar la composición química por medio de espectroscopía de energía dispersiva – EDS (Cristelo et al., 2012), análisis de composición química por medio de fluorescencias de rayos X – XRF (Marín et al., 2011) y análisis de tamaño máximo de grano y módulo de finura (Lima et al., 2012).

Existen diferentes métodos químicos, físicos y mecánicos, métodos clasificados como directos e indirectos (Malhorta; Dave, 1999), para poder determinar si un material como residuo agrícola es o no un material puzolánico. El parámetro común es la existencia de sílice reactiva y aluminio y el porcentaje de material amorfo no cristalino. Otro parámetro común es la detección del tamaño máximo de grano, la determinación del módulo de finura y la medida de la reacción entre la puzolana y el hidróxido de calcio $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$, donde se puede determinar la reactividad o actividad de la puzolana (Malhotra; Dave, 1999; Taylor, 1997; Larbi; Bijen, 1990).

Otros autores han estudiado la resistencia a compresión de diferentes combinaciones con cemento Portland y cal (Cristelo et al., 2012; Lima et al., 2012).

Investigaciones recientes se centran en el estudio de los parámetros o coeficientes cinéticos como un criterio aceptable para la evaluación de la actividad puzolánica de los materiales (Villar-Cociña et al., 2011; Villar-Cociña et al., 2008; Poon et al., 2001; Frías et al., 2000; Mostafa et al., 2001; Sánchez de Rojas et al., 1999). Sin embargo, debido a la naturaleza de los materiales y los complejos mecanismos de interacción puzolana/ $\text{Ca}(\text{OH})_2$, es difícil determinar los mecanismo y la cinética de la reacción puzolánica de manera adecuada, lo cual crea un interés especial en este tipo de estudios desde el punto de vista de la investigación científica.

En el presente artículo se caracteriza la ceniza de paja de cebada y trigo, la ceniza volcánica, la ceniza volante y el polvo de ladrillo, se estudian y comparan sus propiedades puzolánicas en combinación con cal como agente estabilizante de compuestos arcillosos, y se evalúa su aporte en una posible dotación de una mayor estabilidad y resistencia estructural aplicable a los compuestos arcillosos y materiales en base a tierra. Para determinar la actividad puzolánica se estudia la fracción soluble en agua, el módulo de finura, el desarrollo de la resistencia en combinación con la cal hidratada y se aplica el método del conductímetro para la determinación de sus parámetros cinéticos. Se estudia la evolución de las fases cristalinas por medio de Difracción de Rayos X (XRD) durante la reacción puzolánica en combinación con la cal hidratada.

2. MATERIALES Y METODOLOGÍA

2.1 Materiales: Caracterización de los otros materiales puzolánicos

- Producción y métodos de obtención de los materiales estudiados son presentados en la tabla 1. Los materiales fueron molidos y en algunos casos tamizados por el tamiz de 70 μm con el fin de conseguir partículas finas similares a las del cemento Portland.

- Composición química por análisis elemental por trazas de con micro fluorescencia de rayos X – MXRF. Se usa un Micro-Spot X-Trace de alto rendimiento para el equipo de SEM de la marca Bruker modelo XL 30 ESEM. Este análisis químico de la WSA mostró un alto contenido, porcentaje por peso, de sílice (Si) y potasio (K), 31,82% y 43,41% respectivamente, seguido del calcio (Ca), el fósforo (P), el cloro (Cl) y el hierro (Fe). Para las otras puzolanas se mostró un alto contenido en Si y Al, 61,32% y 15,64% respectivamente en BD, 53,04% y 21,03%, respectivamente en FA. En BD y FA se da también un alto contenido de hierro (Fe). Se muestran más detalles en la tabla 2. En este tipo de análisis cabe destacar que no se detectan elemento como el carbono (C) y el oxígeno (O).

Tabla 1. Relación de los materiales estudiados

Sigla	Producto	Origen y métodos de obtención
BD	polvo de ladrillo de arcilla cocida	procedente de una planta de producción tradicional de la región
FA	ceniza de volcán	colectada de la última erupción, en junio del 2013, del volcán Popocatepetl en el estado de Puebla (México) y a partir de arena de volcán colectada en las faldas del mismo volcán
VA	ceniza volante	recogida como residuo de una planta carbono-eléctrica en el estado de Coahuila (México)
BSA	ceniza de paja de cebada	proveniente de paja de cebada de la región de 'El Bajío' (México), calcinada en el exterior sin control de temperaturas y tiempos de quema, buscando reproducir la quema convencional según los agricultores de la región
WSA	ceniza de la paja de trigo	proveniente de paja de cebada de la región de 'El Bajío' (México), calcinada en el exterior sin control de temperaturas y tiempos de quema

Tabla 2. Composición química por análisis elemental por trazas con micro fluorescencias de rayos X (XRF)

	Na(%)	Mg(%)	Al(%)	Si(%)	S(%)	K(%)	Ca(%)	Ti(%)	Cr(%)	Mn(%)	Fe(%)	Zn(%)	P(%)	Cl(%)	Br(%)	Sr(%)
BD	1.56	0.42	15.64	61.32	0.39	5.14	4.38	1.59	0.04	0.21	9.18	0.06	0.00	0.00	0.00	0.09
FA	0.00	0.58	21.03	53.04	0.45	3.37	8.51	1.83	0.00	0.00	11.02	0.04	0.00	0.00	0.00	0.16
VA	4.09	1.55	14.11	50.73	0.09	4.49	11.49	1.47	0.05	0.18	11.41	0.03	0.18	0.00	0.00	0.17
BSA	4.12	1.23	2.72	21.15	2.47	38.03	10.02	0.29	0.08	0.10	3.50	0.05	0.70	15.24	0.11	0.09
WSA	0.41	1.46	1.02	31.82	1.50	43.41	9.53	0.26	0.00	0.22	2.37	0.09	4.21	3.56	0.07	0.09

- Fases cristalinas y componentes mineralógicos por difracción de rayos X (XRD). Se lleva a cabo un análisis de XRD de gran angular en un difractómetro Rigaku Ultima IV con condiciones de operación de 40 KV y 30 mA, con radiación CuK α y longitud de onda de $\lambda = 1,5406 \text{ \AA}$. Los resultados fueron recogidos de 5° a 80° en una escala de 2θ con el detector Solid State D/teX-ULTRA Detector y con una velocidad de $10^\circ/\text{min}$ y un muestreo de 0,02 s. Se usó el programa computacional MDI Jade V 5.0.37. La figura 1 muestra los patrones de XRD de los materiales puzolánicos estudiados.

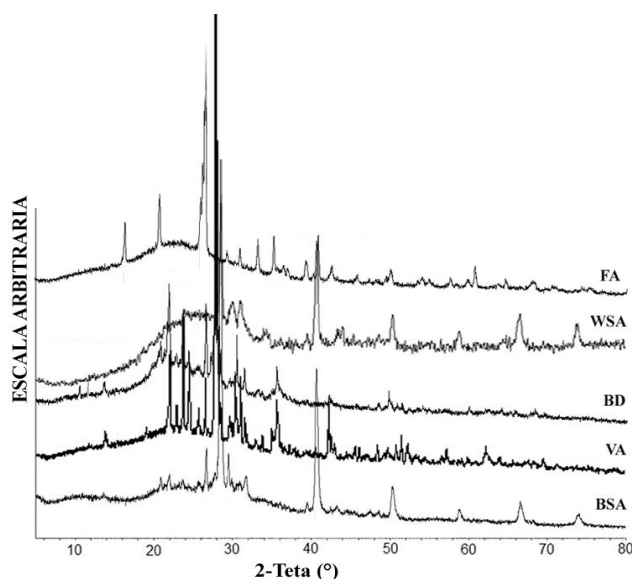


Figura 1. Comparación de las fases cristalinas por DRX de FA, VA, WSA, BSA y BD

2.2 Metodología: análisis de la actividad puzolánica de la ceniza de la paja de cereal y comparaciones con las otras puzolanas naturales y artificiales

- Fracción soluble en agua (WSF). Se procede a partir de una muestra molida de 10 g de puzolana seca (secada hasta un peso constante en un horno de secado a temperaturas entre 105°C y 110°C). Esta muestra se coloca en un frasco Erlenmeyer y se le añade 100 ml de agua destilada a una temperatura de $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$. Se agita bien a mano hasta que no se observan terrones ni cúmulos. A continuación se agita la solución durante 1 hora por medio de un agitador mecánico a temperatura ambiente de laboratorio. Se vierte sobre un crisol de vidrio reloj y se tira la parte de la solución dejando los residuos de la muestra que no se han llegado a diluir. El crisol con este resto de muestra se seca y se lleva a peso constante en un horno de secado a una temperatura de 105°C por 24 horas. Se pesa lo que queda de muestra seca y el porcentaje de WSF se calcula multiplicando la pérdida de peso de la muestra en gramos por 10.

- Tamaño de partícula (PS). Se estudia tamizando 100 g de puzolana seca en los tamices 4 (4,75mm), 8 (2,36mm), 16 (1,18mm), 30 (600 μm), 50 (300 μm), 100 (150 μm) y 200 (75 μm). Se calcula la retención parcial y la retención acumulativa, prestando atención a lo retenido en los tamices 30 y 200.

- Distribución por intensidad del tamaño de partículas finas (SDI). Se estudia el porcentaje de partículas en relación al diámetro de las partículas de puzolana seca previamente tamizada por la malla 200. Se usa 0,50 mg de puzolana seca dispersada en agua destilada. El estudio se realiza en un Zetrómetro Zetasizer Nano S, a 25°C durante 60 segundos con una medida de posición de 1,25mm.

- Desarrollo de resistencia a compresión de la mezcla puzolana-cal-arena-agua. Adaptación basada en la ASTM C 593-95 (2000). De acuerdo a las proporciones aplicables del método de test ASTM C 109 / C109M (2013) y ASTM C 305 (2013), se preparan 3 especímenes para 2 diferentes tiempos de curado, en total 6, en una proporción de 180 g de cal hidratada, 360 gramos de puzolana seca y 1480 gramos de arena bien graduada. La cantidad de agua de la mezcla, medida en mililitros, es la adecuada para generar una fluidez de entre 65 y 75, expresado en porcentaje de la combinación entre la cal y la puzolana y de acuerdo al test de fluidez ASTM C 109 / C109M (2013), excepto que se darán 10 golpes en 6 segundos sobre la mesa de fluidez, en vez de 25 en 15 segundos. La cal y la puzolana se mezclan con el agua y luego la mezcla completa se moldea en cilindro de 5 centímetros de diámetro por 10 centímetros de altura. Cuando el moldeado se completa con la parte superior cubierta para proteger la parte superior del escurrimiento, se meten inmediatamente en un horno a una temperatura de $(54^\circ\text{C} \pm 5)^\circ\text{C}$ en ambiente saturado. Luego se sacan las muestras, se desmoldan para meterlos en una cámara con temperatura $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$ y una humedad relativa entre 95% y 100%. Se realiza una prueba a compresión simple a los 7 días justo recién sacadas las muestras del horno y otros 21 días más tarde y se estudia la evolución de la resistencia a compresión simple en estas condiciones controladas.

- Análisis de la reacción entre la puzolana y el hidróxido de calcio. Medición de la conductividad eléctrica de una solución de cal y puzolana mezcla, su evolución en el tiempo y la obtención de los parámetros cinéticos (ECMM). El método de medición de conductividad eléctrica y relación con la reacción cinética entre la cal (hidróxido de calcio) y la puzolana (Villar-Cociña et al., 2008; Villar-Cociña et al., 2011). Este método estudia la continuidad en la evolución de la variación de la conductividad en el tiempo de una solución de hidróxido de calcio y una puzolana. Se mezcla 100 ml de una solución saturada de hidróxido de calcio $\text{Ca}(\text{OH})_2$ con 2,10 gramos de puzolana agitados por medio de un agitador magnético. La solución se realiza mezclando el $\text{Ca}(\text{OH})_2$ en agua desdionizada hasta conseguir una solución saturada. Luego se deja reposar la solución 24 horas, cuando es mezclado con la puzolana y se empieza a medir la conductividad inmediatamente por un periodo de no menos de 28 días (675 horas). La medición se realiza un con sensor de conductividad de la marca PASCO modelo PS-2116 para soluciones acuosas, a una temperatura ambiente de $(25 \pm 2)^\circ\text{C}$. La actividad puzolánica se muestra como la relación entre las variaciones de la conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$) de la solución y el tiempo transcurrido. La conductividad desciende

debido a la reacción entre la puzolana y el hidróxido de calcio, que hace decrecer la concentración de CH y, por lo tanto, hace decrecer la conductividad eléctrica (Villar-Cociña et al., 2008).

- Estudio de la evolución de las fases cristalinas durante la reacción entre la puzolana, el hidróxido de calcio, la arena y el agua por difracción de rayos X (XRD). Este estudio se hace sobre las muestras usadas para la prueba de resistencia. Este análisis ayuda a detectar la aparición de nuevas fases cristalinas y la desaparición de algunas fases presentes en los materiales puzolánicos originales. Se lleva a cabo un análisis de XRD de gran angular en un difractómetro Rigaku Ultima IV con condiciones de operación de 40 KV y 30 mA, con radiación CuK α y longitud de onda de $\lambda = 1.5406 \text{ \AA}$. Los resultados fueron recogidos de 5° a 80° en una escala de 2θ con el detector Solid State D/teX-ULTRA Detector y con una velocidad de $10^\circ/\text{min}$ y un muestreo de 0,02 s. Se usó el programa computacional MDI Jade V 5.0.37.

3. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

3.1. Discusión de resultados

- Fracción soluble en agua (WSF). BSA presenta un 33,10% de WSF, más que ninguna otra puzolana, seguido de BD y FA, con 31,10% y 31,20% respectivamente (Tabla 3). Es importante asegurar un mínimo de WSF como para garantizar la reacción entre la puzolana y el hidróxido de calcio. Así, BSA, BD y FA, mostraron resultados favorables.

Tabla 3. Fracción soluble en agua (WSF)

	BD	FA	VA	VA*	BSA	WSA
WSF(%)	31,10	31,20	5,10	29,40	33,10	28,50

VA*: Ceniza volcánica tamizada

- Tamaño de partícula. El estudio de tamaño de partícula por porcentaje de retención en los tamices 30 ($600 \mu\text{m}$) y 200 ($75 \mu\text{m}$) muestra como BSA tiene un alto porcentaje de retención tanto en la malla de $75 \mu\text{m}$ como también en la de $600 \mu\text{m}$. La mejor distribución de partículas o las puzolanas con mayor porcentaje de finos fueron BD y FA (Tabla 4).

Tabla 4. Tamaño de partícula (PS), por retención acumulativa al pasar por las mallas 30 y 200

	RETENTION 30 ($600\mu\text{m}$) - %	CUMULATIVE RETENTION 30 ($600\mu\text{m}$) - %	RETENTION 200 ($75\mu\text{m}$) - %	CUMULATIVE RETENTION 200 ($75\mu\text{m}$) - %
BD	0.40	0.40	35.93	70.85
FA	0.29	0.29	30.68	49.77
VA	0.62	0.67	2.68	98.95
BSA	2.21	2.21	7.58	94.62
WSA	22.43	22.43	5.12	95.70

- Intensidad de distribución de tamaños finos de partícula (SDI). Como se muestra en la figura 2, se puede observar un porcentaje significativo de partículas finas de BSA y una más estrecha distribución por intensidad en comparación con las otras puzolanas estudiadas, muy similar a BD y VA. FA presenta el peor resultado y WSA y VA fueron identificadas por tener una distribución bimodal de los tamaños de partículas finas.

- Análisis del desarrollo de la resistencia a compresión de la mezcla puzolana-cal-arena-agua. Los resultados de esta prueba muestran como BSA no tiene un mal resultado en la medición a los 7 días en condiciones controlados en horno. Después de esto no se observa una evolución en el aumento de la resistencia bajo condiciones controladas a los 28 días. Los mejores resultados se obtuvieron para FA y BD en la evolución de la resistencia en los primeros 7 días y BD tuvo los mejores resultados en la prueba de resistencia a los 28 días (Figura 3).

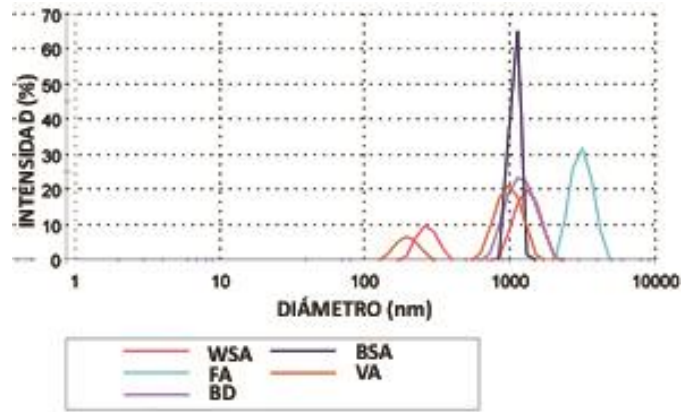


Figura 2. Distribución de tamaño fino de partícula por intensidad

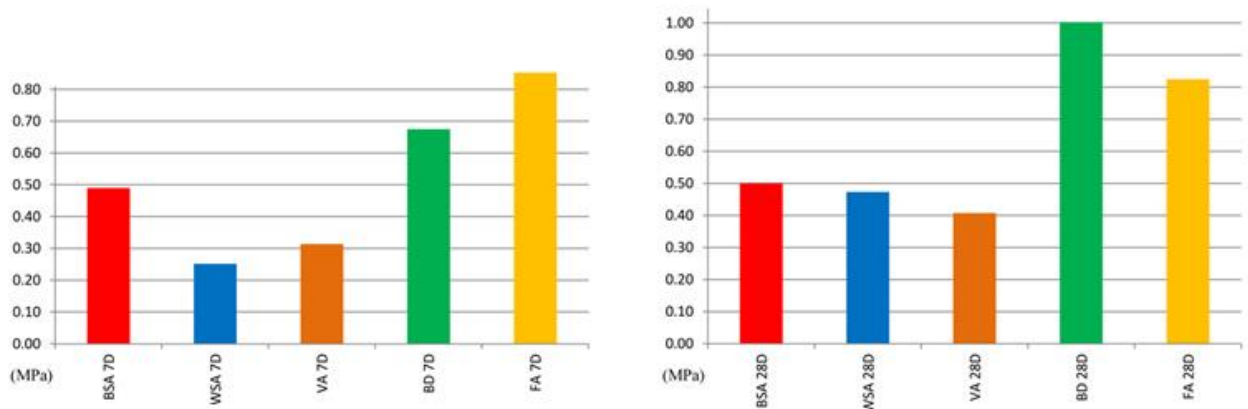


Figura 3. Resistencia de compuesto de cal y puzolana a los 7 y 28 días bajo condiciones controladas

- Análisis de la reacción entre la puzolana y el hidróxido de calcio. Medición de la conductividad eléctrica de una solución de cal y mezclado con puzolana, su evolución en el tiempo y la obtención de los parámetros cinéticos (ECMM). Los resultados obtenidos se muestran en la figura 4, donde se muestra la variación de la conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$) en relación al tiempo de reacción (h). El punto inicial de cada curva se adapta para tener todos los puntos de inicio de reacción con el mismo valor y poder comparar las curvas entre ellas de manera más efectiva. Se observa una disminución de la conductividad eléctrica en la solución puzolana/CH. Este comportamiento es atribuido a la reacción puzolánica entre el sílice (Si) amorfo y el cal (CH), de donde se obtiene formaciones de gel (C-H-Si), con la correspondiente bajada en la concentración en la solución (Villar-Cociña et al. 2011). Se observa un fuerte descenso de la conductividad en la primera etapa de la reacción en todos los casos. La curva que representa esta caída de la conductividad tiende a estabilizarse en un periodo de tiempo más largo, cuando la reacción casi ha terminado. Se puede notar como las curvas de FA y BD presentan una caída más fuerte que las otras, lo que muestra una mejor reacción entre la puzolana y el CH en una primera etapa.

- Evolución de las fases cristalinas durante la reacción puzolánica por medio de XRD. Se compara la presencia de las fases cristalinas en BSA, BD y FA, como muestras ejemplificadoras, y de las mezclas BSA-CH-arena-agua, FA-CH-arena-agua y BD-CH-arena-agua a los 7 días y a los 28 días. En la figura 5 se muestra una comparación de los patrones de XRD de las fases cristalinas de FA y la mezcla FA-CH-arena-agua a los 7 días y a los 28 días. En este caso se identifica la presencia de mullita ($\text{Al}_6\text{Si}_2\text{O}_{13}$), cuarzo (SiO_2), calcita (CaCO_3) y albita (AlSi_3O_8).

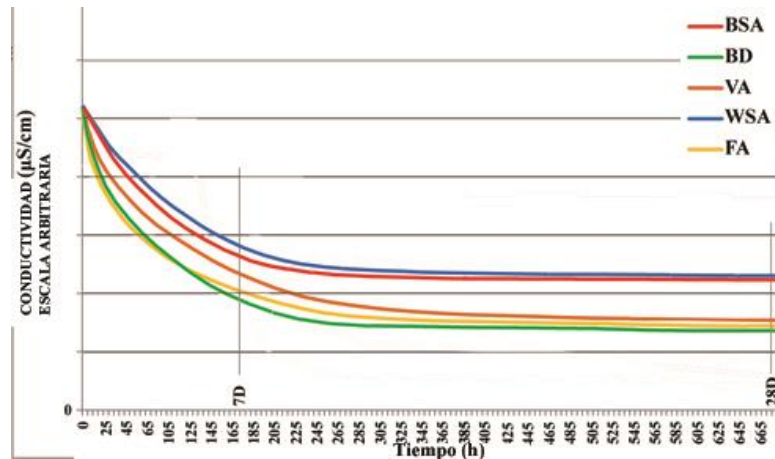


Fig. 4. Reacción cal- puzolana (Estudios de los parámetros cinéticos) según el método de medida de la conductividad eléctrica (ECMM).

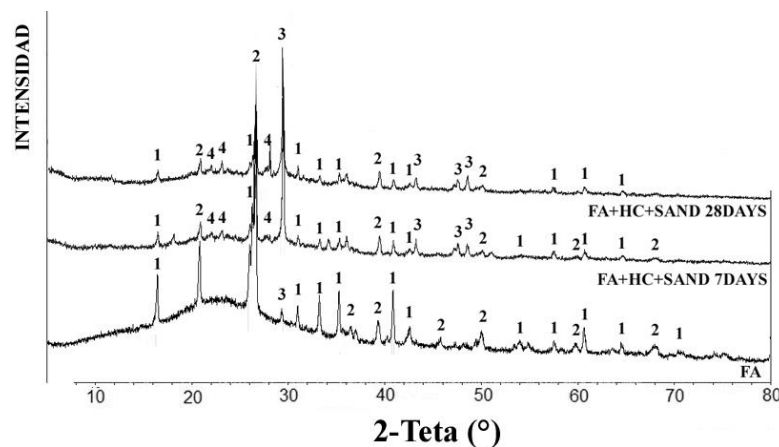


Figura 5. Evolución de las fases cristalinas estudiadas a partir de difracción de rayos X (XRD) de FA. (1) Mulita ($\text{Al}_6\text{Si}_2\text{O}_{13}$), (2) Cuarzo (SiO_2), (3) Calcita (CaCO_3) y (4) Albita (AlSi_3O_8)

Se detecta la presencia estructuras cristalinas de silvita (KCl), cuarzo (SiO_2), anortoclasa (AlSi_3O_8), albita (AlSi_3O_8) y calcita (CaCO_3) en la muestra original de BSA y en la mezcla BSA-CH-arena-agua a los 7 días y a los 28 días (Figura 6). La silvita casi desaparece en la muestra de la mezcla a los 28 días, mientras que se observa un aumento de la presencia de la calcita. Cuarzo y calcita son las principales estructuras cristalinas.

En la figura 7 se muestra una comparación de los patrones de XRD de las fases cristalinas de BD y la mezcla BD-CH-arena-agua a los 7 días y a los 28 días. En el caso de BD, también se observa la presencia de cuarzo (SiO_2), calcita (CaCO_3) y albita (AlSi_3O_8), aunque también se observa yeso [$\text{Ca}(\text{SO}_4(\text{H}_2\text{O})_2$), anortita [$(\text{CaNa})(\text{AlSi})_2\text{Si}_2\text{O}_8$] como estructuras cristalina de alumino-silicatos. De nuevo la presencia de la calcita aumento con el tiempo. En ambos casos, de manera más evidente en el caso de BSA, más que en el caso de FA y BD, a lo largo del tiempo hay una mayor presencia de cristalinidad en los compuestos.

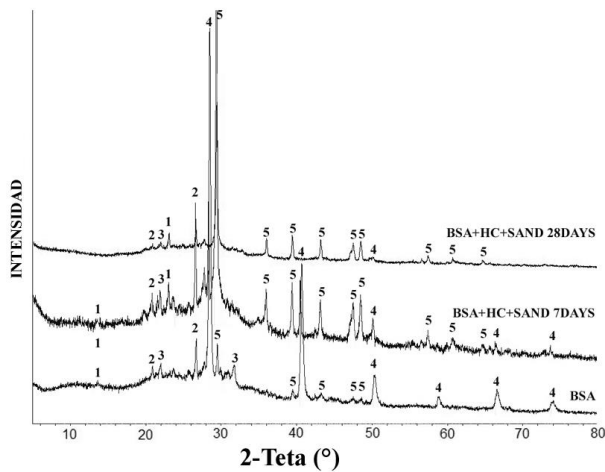


Figura 6. Evolución de las fases cristalinas estudiadas a partir de difracción de rayos X (XRD) de BSA.

- (1) Anortoclasa (AlSi_3O_8), (2) Cuarzo (SiO_2), (3) Albita (AlSi_3O_8), (4) Silvita (KCl) y (5) Calcita (CaCO_3)

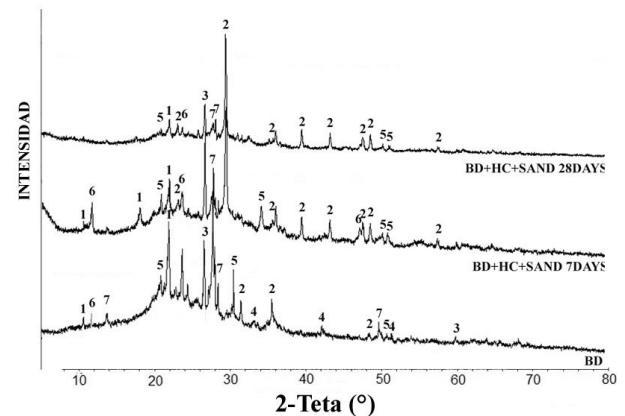


Figura 7. Evolución de las fases cristalinas estudiadas a partir de difracción de rayos X (XRD) de BD. (1) Cordierita ($\text{Mg}_2(\text{Al}_4\text{Si}_5\text{O}_{18})$), (2) Calcita (CaCO_3), (3) Cuarzo (SiO_2), (4) Yeso ($\text{Ca}(\text{SO}_4(\text{H}_2\text{O})_2)$), (5) Brushita ($\text{CaPO}_3(\text{OH})_2(\text{H}_2\text{O})$), (6) Meixnerite ($(\text{Mg}_5\text{Al}_3(\text{OH})_{16})(\text{OH})_3(\text{H}_2\text{O})_4$), (7) Anortita ($(\text{CaNa})(\text{AlSi})_2\text{Si}_2\text{O}_8$)

3.2. Conclusiones

- Se pudo caracterizar de manera adecuada la BSA por medio de la composición química por XRF, donde se mostraba una concentración media de aluminio y sílice reactivo. Comparando entre BSA, BD y FA estos últimos presentan una mayor concentración de aluminio y sílice reactiva y una buena concentración de hierro. La alta concentración de Al y Si indica una mayor posibilidad de reacción con el CH y una mayor probabilidad de constituir un material cementicio, sustituto del cemento como para utilizarlo como estabilizador de un compuesto arcilloso.

- A partir del XRD, a partir de un análisis gráfico y cualitativo, se observa como BSA presenta como un 50% de fase amorfa, sin embargo, se observa como BD presenta una mayor proporción de estructura amorfa. A partir de este análisis por XRD se pudo identificar estructuras cristalinas como aluminosilicatos, algo que caracteriza a las puzolanas con buenas características puzolánicas.

- En general, BD y FA, que en un principio mostraron la mayor concentración de silicio y aluminio reactivo, tuvieron los mejores resultados en el desarrollo de resistencia a compresión con la mezcla puzolana-arena-cal-agua a diferentes tiempos y en condiciones reguladas, denotándose una mejor actividad puzolánica (Parámetros cinéticos) a edades tempranas según el método de medición por conductividad eléctrica. Al mismo tiempo también se pudo observar una mayor evolución y creación de nuevas fases cristalinas en respuesta a esta reacción entre la puzolana y el hidróxido de calcio.

- Existe una relación directa de los resultados antes enunciados, de la actividad y reacción puzolánica, con la concentración de partícula fina y la fracción de material soluble en agua.

- En general se puede concluir que el parámetro más importante para determinar el buen comportamiento puzolánico de una puzolana es la cantidad y/o contenido combinado de sílice y aluminio, pero también es determinante el tamaño de partícula, la cantidad de tamaños finos de partícula y la fracción de puzolana soluble en agua.

- Fueron suficientemente claros y efectivos los diferentes métodos aplicados como para determinar el mejor y peor comportamiento como puzolana y la actividad puzolánica de las diferentes puzolanas con las que se hizo la comparación.

- Sería necesario y útil estudiar el comportamiento de BSA y WSA obtenido bajo condiciones controladas de temperatura y tiempos de calcinación y hacer una comparativa con BSA y WSA obtenido en las mismas condiciones que se exponen en el actual artículo.

- Con el presente estudio se abre la puerta a mejorar la estabilización química de compuestos arcillosos y materiales en base a ellos en combinación con el hidróxido de calcio o cal y, por lo tanto, se abre la puerta a un avance en el bajo impacto ambiental y sostenibilidad de este tipo de materiales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- American Society for Testing and Materials (2013). ASTM C 109 / C109M. Test for compressive strength of hydraulic cement mortars.
- American Society for Testing and Materials (2013). ASTM C-125-13b. Standard terminology relating to concrete and concrete aggregates
- American Society for Testing and Materials (2013). ASTM C 305. Practice for mechanical mixing of hydraulic cement pastes and mortars of plastic consistency
- American Society for Testing and Materials (2000). ASTM C 593-95. Standard specification for fly ash and other pozzolans for use with lime
- Al-Akhras, N.M.; Abu-Alfoul, B.A. (2002). Effect of wheat straw ash on mechanical properties of autoclaved mortar. *Cement and Concrete Research*, 32, 859-863
- Bensted, J.; Munn, J., (2000). A discussion of the paper. Study of pozzolanic properties of wheat straw ash by H. Biricik, F. Aköz, I. Berktaş and A.N. Tulgar. *Cement and Concrete Research*, 30, 1507-1508
- Berge, B. (2001). The ecology of building materials. Ed. Reed Educational and Professional Publishing Ltd., Oxford
- Biricik, H.; Aköz, F. (1999). Study of pozzolanic properties of wheat straw ash, *Cement and Concrete Research*, 29, 637-643
- Bowyer, J.L.; Stockmann, V.E. (2001). Agricultural residues: An exciting bio-based raw material for the global panels industry. *Forest Products Journal*, 51(1)
- Cristelo, N.; Glendinning, S.; Miranda, T.; Oliveira, D.; Silva, R. (2012). Soil stabilization using alkaline activation of fly ash for self-compacting rammed earth construction. Ed. Elsevier, *Construction and Building Materials*, 36, 727-735
- Fairbairn, E. M. R.; Americano, B. B.; Cordeiro, G. C.; Paula, T. P.; Toledo-Filho, R. D.; Silvano, M. M. (2010). Cement replacement by sugar cane bagasse ash: CO₂ emissions reduction and potential for carbon credits. *Journal Environmental Management*, 91, 9, 1864-1871
- Frías, M.; Sanchez de Rojas, M. I.; Cabrera, J. (2000). The effect that the pozzolanic reaction of metakaolin has on the heat evolution in MD-cement mortars. *Cement and Concrete Research*, 30, 2, 209-216
- Frías, M.; Villar-Cociña, E.; Sánchez de Rojas, M. I.; Valencia, E. (2005). The effect that different pozzolanic activity methods has on the kinetic constants of the pozzolanic reaction in sugar cane straw-clay ash/lime systems: Application of a kinetic-diffusive model. *Cement and Concrete Research*, 35, 11, 2137-2142
- Gartner, E. M.; Macphee, D. E. (2011). A physico-chemical basis for novel cementitious binders. *Cement and Concrete Research*, 41, 7, 736-749
- Guillaud, H. (2008). Characterization of earthen materials. En: Avrami, E.; Guillaud H.; Hardy, M. editors. Terra literature review-an overview of research in earthen architecture conservation, Ed. The Getty Conservation Institute, Los Angeles
- Hossain, K.M.A.; Mol, L. (2011). Some engineering properties of stabilized clayey soils incorporating natural pozzolans and industrial wastes. *Construction Building Materials*, 25, 3495-3501

- Karade, S. R. (2010). Cement-bonded composites from lignocellulosic wastes. *Construction and Building*, 24, 1323-1330
- Lal, A. K. (1995). Handbook of low cost housing. Ed. New Age International Publishers, New Delhi
- Larbi, J.A.; Bijen, M. J. M. (1990). The chemistry of the pore fluid of silica fume blended cement systems. *Cement and Concrete Research*, 20, 506-516
- Leliveld J.; Crutzen P.J. (1992). Indirect chemical effects of methane on climate warming. *Nature*, 355, 339-41
- Lima, S. A.; Varum, H.; Sales A.; Neto, V. F. (2012). Analysis of the mechanical properties of compressed earth block masonry using the sugarcane bagasse ash. *Construction and Building Materials* 35, 829-837
- Madurwar, M. V.; Ralegaonkar, R.V.; Mandavgane, S.A. (2013). Application of agro-waste for sustainable construction materials: A review. *Construction and Building Materials* 38, 872-878
- Malhotra, S. K.; Dave, N.G. (1999). Investigations into the effect of addition of fly ash and burn clay puzzolana on certain engineering properties of cement composites. *Cement and Concrete Composites*, 21, 285-291
- Manzano, A.; Pineda, J.; Reyes, J.L. (2011). Prototipo de vivienda sustentable para zonas rurales. En: Amigó, V.; Savastano, H.; Delvasto, S.; Manzano, A. 2011. Aprovechamiento de residuos agro-industriales como fuente sostenible de materiales de construcción. Ed. Universitat Politècnica de Valencia, Valencia
- Marín, M.; Reyes, J.L.; Manzano, A.; Pineda, J.; Hernández, M.A.; Pérez, J.J.; Marroquín, A., (2011). Effect of fly ash and hemihydrate gypsum on the properties of unfired compressed clay bricks. *International Journal of the Physical Sciences*, 17, 4264-4272
- Massazza, F. (1998). Pozzolana and pozzolanic cements. In: Hewlitt, P. C., (ed), *Lea's chemistry of cement and concrete*. 4 ed. New York: J. Wiley, 471-631
- Minke, G., (2001). Manual de construcción en tierra. Ed. Nordan-Comunidad, Montevideo
- Mostafa, N. Y.; El-Hemaly, A. S.; Al-Wakeel, E. I.; El-Korashy, S. A.; Brown, P. W. (2001). Characterization and evaluation of the pozzolanic activity of Egyptian industrial by-products. I. Silica fume and dealuminated kaolin. *Cement and Concrete Research*, 31, 467-474
- Pacheco-Torgal, F.; Jalali, S. (2012). Earth construction: Lessons from the past for future eco-efficient construction. *Construction and Building Materials* 29, 512-519
- Poon, C. S.; Lam, L.; Kou, S. C.; Wong, Y. L.; Wong, R. (2001). Rate of pozzolanic reaction in high-performance cement pastes. *Cement and Concrete Research*, 31, 1031-1306
- Sanchez de Rojas, M. I.; Rivera, J.; Frías, M. (1999). Influence of microsilica state on pozzolanic reaction rate. *Cement and Concrete Research*, 29, 6, 945-949
- Taylor, H.F.W., (1997). Cement chemistry. Ed. Thomas Telford Services Ltd., London
- Toledo Filho, R.D.; Ghavami, K.; England, G.L.; Scrivener, K. (2003). Development of vegetable fibre-mortar composites of improved durability. *Cement and Concrete Composites*, 25 (2), 185-196
- Villar-Cociña, E.; Valencia-Morales, E.; Santos, S.; Savastano, H. (2008). Bamboo leaf ash as pozzolanic material: study of the reaction kinetics and determination of the kinetic parameters Tenth International Conference on Non-conventional Materials and Technologies, NOCMAT 2008, Cali, Colombia, 12-14 November, 2008
- Villar-Cociña, E.; Valencia-Morales, E.; Santos, S.; Savastano, H.; Frías, M. (2011). Pozzolanic behavior of bamboo leaf ash: Characterization and determination of kinetics parameters. *Cement and Concrete Composites*, 33, 68-79

Wadel, G.; Avellaneda, J.; Cuchí, A. (2010). La sostenibilidad en la arquitectura industrializada: Cerrando el ciclo de los materiales. *Informes de la Construcción*, 62 (517), 37-51

Zami M. S.; Lee A., 2010. Stabilized or unstabilized earth construction for contemporary urban housing. *Responsive Manufacturing – Green Manufacturing (ICRM 2010)*, 5th International Conference on, Ningbo

NOTAS

¹ Tabique o ladrillo rojo es un elemento constructivo, pieza o bloque a partir de cerámica cocida de forma ortoédrica normalmente con bajo grado de industrialización en su proceso de manufacturación, usualmente de producción local.

² Block es un elemento constructivo, pieza o bloque a partir de concreto en base a cemento portland de forma ortoédrica normalmente con bajo grado de industrialización en su proceso de manufacturación, usualmente de producción local.

AGRADECIMIENTOS

Los autores están agradecidos el apoyo del CONACYT, de la Universidad Autónoma de Querétaro y especialmente agradece el apoyo técnico de Adair Jiménez y Eleazar Urbina del laboratorio LITRA del CINVESTAV, Carmen Peza Ledesma del laboratorio de Microscopía Electrónica del CFATA-UNAM y Beatriz Millán Malo, del laboratorio de Difracción de Rayos X del CFATA-UNAM. Igualmente agradece al apoyo de las instituciones Parque Nacional Iztaccíhuatl – Popocatepetl y INIFAP-Campo Experimental Bajío.

AUTORES

Carlos Cobreros-Rodríguez, arquitecto por la Universidad de Sevilla, Sevilla, España, Master en Arquitectura, Energía y Medio Ambiente por la Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España. Doctorando y profesor investigador en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Querétaro, México. Línea de investigación en Arquitectura Bioclimática, Sustentabilidad y Materiales de Construcción Sustentables aplicados en la Arquitectura.

J.L. Reyes-Araiza, profesor investigador en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Querétaro, México. Tiene 30 años de experiencia en el desarrollo de proyectos en la industria de la construcción y metal mecánica. Tópicos de interés que desarrolla: Materiales compuestos fibroreforzados y con material reciclable; Modelación numérica de problemas físicos de la mecánica e ingeniería civil; Análisis Experimental de Esfuerzos (Fotoelasticidad, extensometría, etc.); Diseño y desarrollo de maquinaria.

A. Manzano-Ramírez, título universitario por la UNAM en la Ciudad de México, México, el año 1981, con estudios de posgrado y doctorado en la University of Sheffield, Inglaterra en el año 1989. Miembro investigador en el CINVESTAV-IPN desde 1989. Posición actual, líder del grupo de Materiales Compuestos en el CINVESTAV-IPN, Unidad Querétaro, autor y coautor de más de 90 publicaciones científicas en revistas internacionales, actas, y libros.

R. Nava-Mendoza, profesor investigador en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Querétaro, México. Experiencia en el desarrollo de Materiales Compuestos, Nano materiales y Química de los Materiales con más de 45 artículos científicos registrados en Scopus.

M. Rodríguez Pérez, profesor investigador de Departamento de Nanotecnología, Centro de Física Aplicada y Tecnología Avanzada (CFATA), Universidad Nacional Autónoma de México-Campus Juriquilla. Director del laboratorio de Difracción de Rayos X del CFATA-UNAM. Especialidad en caracterización y estudio de propiedades fisicoquímicas de alimentos y nuevos materiales compuestos.

E. M. Rivera-Muñoz, profesor investigador de Departamento de Nanotecnología, Centro de Física Aplicada y Tecnología Avanzada (CFATA), Universidad Nacional Autónoma de México-Campus Juriquilla. Director del laboratorio de Difracción de Rayos X del CFATA-UNAM y especialista en cristalografía y caracterización de nuevos materiales.

PROPRIEDADES MECÂNICAS DO ADOBE COM INCORPORAÇÃO DE PARTÍCULAS DE *Bambusa vulgaris vittata*

Andréa Aparecida Ribeiro Corrêa¹; Thiago de Paula Protásio²; Rubens do Monte Lima Silva Scatolino³; Lourival Marin Mendes⁴

Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Lavras DCF – UFLA, Lavras, MG, Brasil
deiacor@uaigiga.com.br; ²depaulaprotasio@gmail.com; ³rubensscatolino@gmail.com; ⁴lourival@dcf.ufla.br

Palavras-chave: *Bambusa vulgaris vittata*, partículas lignocelulósicas, adobe, propriedades mecânicas

Resumo

O bambu, considerado planta sagrada pelos asiáticos, ainda é subutilizado no Brasil. A grande disponibilidade no território brasileiro, e o preconceito de seu emprego na construção, despertaram o interesse para sua incorporação ao adobe como estabilizante de armação e reforço. Entre as principais qualidades do bambu temos: leveza; é renovável; tem crescimento rápido; baixo custo; consumo mínimo de energia; e é considerado o maior sequestrador de CO₂ da atmosfera. A utilização em partículas apresenta vantagens como aumento de aderência e uniformidade do material. Diante do exposto, o objetivo da pesquisa foi avaliar a resistência mecânica do adobe sem e com incorporação de partículas de bambu. O experimento foi desenvolvido no Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Lavras- DCF UFLA. As partículas 'sliver' foram lavadas com água residual do processo de destilação à 45^oC e expostas ao tempo para secagem completa. Estas foram caracterizadas quanto à densidade, composição química e razão de aspecto. O solo utilizado foi o latossolo vermelho cambissólico textura argilosa com presença de caulinita, que teve correção granulométrica para 50% de areia média. Os tratamentos foram: adobes sem partículas (controle); e adobes com incorporação das partículas de *Bambusa vulgaris vittata* nas quantidades de 2%, 4% e 6% em massa seca. A quantidade de água ideal na mistura foi determinada por testes expeditos, com determinação de umidade na estufa à 103 ± 2^oC. Os adobes foram produzidos com formas duplas de madeira de 30 cm x 15 cm x 8 cm e mantidos no galpão coberto até a completa secagem. A densidade aparente dos adobes foi calculada para todos os tratamentos. Foram realizados ensaios de resistência à compressão e flexão. Os resultados para resistência à flexão não foram significativos, mas o tratamento com 6% de partículas de bambu promoveu 60% de aumento na resistência à compressão.

1. INTRODUÇÃO

A preocupação com ganho ambiental é um dos principais fatores que leva à revitalização de técnicas vernaculares com propostas inovadoras e embasamento científico. A terra, ao contrário de paradigmas preconceituosos como fragilidade e ineficiência do material, é uma das opções mais viáveis do setor construtivo. Sua utilização há milênios e em edificações contemporâneas, demonstram a sabedoria dos antigos e a competência de profissionais da atualidade na “arte de projetar e construir”. Inúmeros exemplos como a cidade de Arg-Bam, patrimônio da humanidade, construções do Brasil Colônia, e projetos executados pelo mundo, comprovam sua versatilidade e durabilidade. A terra é democrática, atende ao público do menor ao maior poder econômico com técnicas variáveis.

A alvenaria com adobe, tijolo de solo sem sinterização, tem inércia térmica, mínimo impacto ambiental, baixo custo, além de baixo consumo energético. O interesse de pesquisadores contribui para melhorar suas propriedades e difundir a qualidade dessa alvenaria. Novos compósitos com a matriz solo definem produtos não convencionais, que atendem ao modelo atual de construção que prioriza a sustentabilidade. A incorporação de fibras lignocelulósicas pode contribuir como reforço e armação nos tijolos de adobe, mas em contrapartida é matéria-prima de alta higroscopicidade, o que não é característica desejável para a edificação. O bambu chega a fornecer 30 toneladas por hectare de fibras secas apropriadas para a produção de compósitos. A partir de suas fibras são produzidos desde

suportes usados como estruturas na construção civil, compensados de várias espessuras, aglomerados para fabricação de móveis até misturas com concreto e argamassa.

As espécies nativas de bambu estão distribuídas na Ásia com 62%, Américas com 34% e as 4% restantes estão na África e Oceania (Lopes, 2003 apud Pereira; Beraldo, 2007). Países como a China, Índia e Colômbia constroem escolas, pontes, teatros, e até catedrais. O governo chinês prioriza desde 1970 as pesquisas em proteção, melhoramentos genéticos e processamento de painéis com bambu. Na China, o bambu tem aproximadamente 4.000 finalidades diferentes. Em contrapartida, sua utilização em larga escala no Brasil não acontece principalmente devido ao “preconceito cultural”, falta de normalização e certificação. Iniciativas relativamente recentes como a criação da Rede Nacional do Bambu – RBB, e criação de normas técnicas, em discussão, estão contribuindo para a mudança desse paradigma. Entre as vantagens do bambu destacam-se: matéria-prima renovável, crescimento rápido, flexibilidade, leveza, e consumo mínimo de energia. Sua durabilidade é variável entre espécies devido principalmente à concentração de amido, que em alta quantidade, como ocorre no *Bambusa vulgaris vittata*, é mais susceptível ao ataque do *Dinoderus minutus* – caruncho do bambu. Essa espécie, devido a fragilidade do colmo, possibilita sua utilização em forma de partículas. O bambu ainda não foi investigado como estabilizante de reforço para o adobe. Diante do exposto, o objetivo da pesquisa foi avaliar a resistência mecânica do adobe com incorporação de partículas ‘sliver’¹ de *Bambusa vulgaris vittata*.

2. MARCO TEÓRICO

O componente argilo-mineral e a classificação do solo são os principais parâmetros que determinam a necessidade ou não de incorporação de outros materiais para melhorar as propriedades do tijolo de adobe. Quando necessária, a estabilização do solo pode ser: química, por cimentação, por impermeabilização; por reforço ou armação; ou combinando um ou mais procedimentos. As fibras lignocelulósicas, muito empregadas na Mesopotâmia e Egito Antigo, introduzidas ao solo em estado plástico promovem: maleabilidade; aumento da coesão e durabilidade; melhora da resistência à flexão; redução na propagação de fissuras durante a secagem; ductilidade; e aumento da capacidade de absorver energia. A Norma Australiana AS 3700:2001 (Standards Austrália, 2001) propõe que o solo ideal para estabilização com fibras vegetais deve ter um índice de plasticidade (IP) entre 15% e 35% e limite de liquidez (LL) entre 30% e 50%. Quanto à ancoragem e reforço, a maior razão de aspecto das partículas é favorável para o adobe (Quintilio; Quagliarini; Lenci, 2011). Entretanto, desafios como aumento de volume na presença de água decorrentes da higroscopicidade e capilaridade das fibras devem ser investigados. As fibras melhoram a resistência à flexão e à tração. Minke (2005) contesta a afirmativa que as fibras aumentam a resistência à compressão dos adobes e justifica que quando são acrescentadas fibras finas ou em pouca quantidade ocorre um aumento inexpressivo. Entretanto quando a “palha” cortada em tamanhos de 5 cm é adicionada ocorre redução da resistência à compressão a medida que a porcentagem em massa aumenta (tabela 1).

Tabela 1. Resistência à compressão de adobes com acréscimo de “palha”

“Palha” (% em massa)	Massa específica (kg/m ³)	Resistência à compressão (MPa)
0	1882	2,2
1	1701	1,4
2	1571	1,3
4	1247	1,1
8	872	0,3

fonte: adaptado de Minke (2005)

O bambu é ortotrópico, heterogêneo e um compósito polimérico, variando assim em estrutura, composição e características em todo seu volume e material orgânico (Berndsen, 2008). Sendo a celulose a principal responsável pelas propriedades mecânicas, forma em três planos ortogonais ligações distintas: hidrogênio, Van der Waals e covalentes. A lignina, responsável pela rigidez e durabilidade, tem alta complexidade em sua composição química,

por isso é pouco conhecida. Essas características protegem contra o ataque de microrganismos.

3. METODOLOGIA

Nesse capítulo são apresentados a caracterização dos materiais, plano experimental, procedimentos para produção e secagem dos adobes, e ensaios de resistência mecânica. A pesquisa foi desenvolvida no campus da Universidade Federal de Lavras.

3.1. Caracterização do solo

O solo utilizado foi classificado como Latossolo Vermelho cambissólico textura argilosa, e teve correção granulométrica em 50% de areia média (Corrêa, 2013). A presença de caulinita foi constatada pela difração de raios-X. Na tabela 2 são apresentados os resultados de granulometria e plasticidade antes e após a correção granulométrica.

Tabela 2. Caracterização do solo para produção de adobes

		Solo <i>in natura</i> (%)	Solo corrigido (%)
Granulometria	argila	40	23
	silte	45	27
	areia	15	50
Limites de consistência	LL	57	55
	LP	43	36
	LC	27	22

3.2. Caracterização do *Bambusa vulgaris vittata*

O bambu da espécie *Bambusa vulgaris vittata* é nativo do campus da Universidade Federal de Lavras, com idade de 12 anos. O processamento das partículas inicialmente com a trituradeira “TP 300 Pinheiro”. O moinho martelo foi utilizado para a transformação das matérias-primas em partículas “sliver”. A seguir, as partículas foram lavadas com água à temperatura de 45°C residual do processo de sua destilação até que a água perdesse a turbidez. O objetivo foi retirar impurezas do material. Após a lavagem as partículas foram secas ao ar. O dimensionamento das partículas foi feito com o auxílio do software “Image J”, com amostra representativa de 100 unidades para determinar a razão de aspecto que é a relação entre o comprimento e o diâmetro (figura 1).



Figura 1. Procedimentos de preparo das partículas “sliver”: corte; trituração; passagem pelo moinho; lavagem; amostras antes e após lavagem e amostra de partículas para medição.

3.2.1. Densidade das partículas

Para determinação da densidade básica das partículas após serem lavadas foi utilizado o método de Medição Direta do Volume por Cilindro Graduado, com amostras imersas em água em seis repetições. A densidade básica foi calculada pela fórmula:

$$DB = P_{AS} / (V_{AA} - V_A)$$

onde: DB = Densidade básica da amostra (g/cm^3);

P_{AS} = Massa da amostra absolutamente seca (g);

V_{AA} = Volume da amostra imersa mais o conteúdo de água (mL);

V_A = Volume de água (mL).

3.2.2. Composição química

As amostras das partículas para a análise química foram classificadas nas peneiras sobrepostas de 40 e 60 mesh, utilizando-se a massa retida nessa última com três repetições. O material foi acondicionado em ambiente climatizado com $20\pm 1^\circ\text{C}$ de temperatura e $60\pm 5\%$ de umidade relativa até massa constante. Foram quantificados: o teor de extrativos total (ABNT, 2010b); teor de lignina insolúvel (ABNT, 2010a); determinação dos componentes minerais - cinzas (ABNT, 2003); holocelulose (Browning, 1963); celulose (Kennedy; Phillips; Williams, 1974).

3.3. Plano experimental

O tratamento controle (T1S) foi o adobe em solo corrigido (412 g de areia média para cada quilo de solo “*in natura*” em massa seca). O volume de cada unidade do adobe foi de 3.600 cm^3 . A massa de solo por unidade foi de 5.112 g. Para os outros tratamentos foram utilizadas partículas de bambu (*Bambusa vulgaris vittata*) em 2% (T2B2), 4% (T2B4) e 6% (T2B6) calculadas por massa de solo seco. As porcentagens de 2%, 4% e 6% em massa de partículas secas corresponderam a 10%, 20% e 30% em volume respectivamente. Os adobes foram pesados e mensurados para cálculo da densidade aparente com quatro repetições. Os dados do experimento foram analisados pela análise de variância, considerando-se um delineamento inteiramente casualizado. O teste de Tukey foi aplicado para diferenças significativas em nível de 5%. O software utilizado foi o SISVAR 4.2 (Ferreira, 2011).

3.4. Produção e secagem dos adobes

Na produção em galpão coberto foram utilizadas formas duplas de madeira nas dimensões 30 cm x 15 cm x 8 cm. Essas foram imersas em água e em seguida em caixa de areia para facilitar o desmolde do adobe. Foram colocadas em superfície plana cimentada com fina camada de areia para receber a mistura. Para cada tratamento (T1S, T2B2, T2B4, T2B6) foi feita a pesagem do solo e das partículas. As misturas foram homogeneizadas inicialmente sem água em estrado de madeira com enxada e pés. A umidade ideal foi determinada considerando como umidade inicial da mistura o limite de plasticidade (LP), com resultado de 34,58% para o solo corrigido. Os ajustes para cada tratamento foram feitos por ensaios de campo denominados “queda da bola” (Barbosa; Ghavami, 2007) e “prueba de Vicat” (Ruiz; Luna, 1983). Amostras com três repetições foram colocadas em estufa a $103 \pm 2^\circ\text{C}$ para verificar a umidade. A seguir a mistura foi colocada na “maromba” para homogeneização final. A massa então foi colocada nas formas que foram retiradas em seguida. Os adobes foram mantidos no local até estarem completamente secos. Aos três dias foram colocados em posição lateral e aos sete em posição vertical (figura 2).



Figura 2. Produção dos adobes: homogeneização; formas; maromba e secagem.

3.5. Resistência mecânica

Para as propriedades mecânicas foram feitos os ensaios de compressão, NTE. 080 -Norma técnica de Edificación (NTE, 2000) e flexão, ASTM D-790- American Society for Testing and Materials (ASTM, 2000).

3.5.1. Resistência à compressão

Os ensaios de resistência à compressão foram realizados na Máquina Universal EMIC com seis repetições. Os adobes foram pesados e medidos antes do ensaio. Foram serrados ao meio e as metades foram unidas utilizando-se argamassa para assentamento solo:cal (1:4)

e para regularização das superfícies de contato com a prensa. Após secagem da primeira camada de regularização foram aplicadas outras duas, com traço mais forte 1:2 para acabamento sem fissuras. A célula de carga utilizada foi de 100kN com velocidade de 1,2mm/min.

3.5.2. Resistência à flexão

Os ensaios de resistência à flexão foram realizados na máquina universal EMIC com quatro repetições. Os adobes foram pesados e medidos antes do ensaio. A distância entre os dois cutelos inferiores foi de 240 mm para todos os adobes. A célula de carga utilizada foi de 20 kN com velocidade de 1,2 mm/min. Os corpos de prova foram submetidos à carga até a fratura.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesse capítulo são apresentados os resultados de caracterização das partículas lignocelulósicas e resistência mecânica dos adobes sem e com incorporação de *Bambusa vulgaris vittata*.

4.1. Caracterização do *Bambusa vulgaris vittata*

A densidade básica das partículas foi de 0,298 g/cm³. Quando comparada à densidade do solo de 1,420 g/cm³, é favorável à redução de massa para o adobe. A grande quantidade de amido no bambu *Bambusa vulgaris vittata* foi verificada pela coloração escura apresentada após gotejamento de lugol nas partículas antes da lavagem. Os resultados da caracterização química para extrativos diminuíram de 9,2% para 4,1% (aproximadamente 50%) demonstrando a eficiência do tratamento para o fim proposto que era de retirar impurezas e extrativos. Os resultados da composição química após lavagem foram: de 4,1% de extrativos; 24,1% de lignina; 52,8% de celulose; 29,0 % de hemicelulose; e 1,3% de cinzas. A grande quantidade de celulose favorece as propriedades mecânicas devido a sua estrutura cristalina. A celulose tende a aumentar a resistência à tração, mas em contrapartida possui alta afinidade com a água. A lignina, substância amorfa, contribui para redução da permeabilidade, aumento da rigidez, e maior durabilidade.

O comprimento das partículas variou de 0,2 até 30 mm, com 34% de partículas menores que 5 mm, 50% entre 5 e 10 mm, e 16% acima de 10 mm. O diâmetro das partículas variou de 0,19 mm a 3,1 mm, com 13% menor que 0,5 mm, 47% entre 0,5 mm e 1,0 mm, e 40% acima de 1,0 mm. O resultado para razão de aspecto (comprimento/diâmetro) das partículas de bambu foi de 10. Sendo alta deve resultar em maior reforço para o adobe.

4.2. Umidade ideal

O limite de plasticidade (LP) do solo corrigido foi de 35% e o limite de liquidez foi de 55%. A umidade ideal para os adobes produzidos sem partículas (T1S) foi de 34,93%, bem próximo ao LP. Os resultados para os outros tratamentos foram: 34,64% para T2 B2; 37,46% para T2B4 e 42,15% para T2B6. Demonstrem então que o acréscimo de partículas aumentou o consumo de água para atingir a umidade ideal do adobe, devido as propriedades hidrofílicas da celulose.

4.3. Densidade aparente dos adobes

Como era previsto, a medida que a quantidade de partículas lignocelulósicas de bambu no solo aumentou, houve redução na densidade do adobe. Os resultados foram: 1,763 g/cm³ para T1S; 1,746 g/cm³ para T2B2; 1,612 g/cm³ para T2B4; 1,548 g/cm³ para T2B6.

4.4. Propriedades mecânicas

Os resultados apresentados a seguir comparam o comportamento dos adobes quanto à resistência à flexão e compressão para os tratamentos propostos.

4.4.1. Resistência à flexão e à compressão

Tanto para resistência à compressão como para flexão, houve proporcionalidade ao acréscimo de partículas. O mesmo não ocorreu para o módulo de elasticidade (MOE), que

teve o comportamento inverso para flexão e não teve variação significativa para compressão. A NTE E. 080 (NTE, 2000) estabelece resistência à compressão $\geq 0,7$ MPa, portanto os tratamentos T2B4 e T2B6 atenderam suas especificações (tabela 3).

Tabela 3. Resultados de resistência à flexão e compressão dos adobes

Ensaio	Tratamentos	Partículas (%)	MOE (MPa)	σ_{\max} (MPa)
Flexão	T1S	0	111,89	0,47
	T2B2	2	132,73	0,29
	T2B4	4	114,08	0,39
	T2B6	6	83,65	0,42
Compressão	T1S	0	43,42	0,60
	T2B2	2		0,51
	T2B4	4	42,74*	0,80
	T2B6	6		0,96

* não houve variação significativa dos resultados entre as quantidades de partículas.

Os resultados de resistência à compressão foram contrários aos apresentados por Minke (2005) que utilizou “palha” em quantidades até 8%. Nesse experimento houve um aumento de 60% na resistência para 6% de partículas, enquanto que para a “palha” a redução da resistência foi de 50% para 4% de partículas. O tipo e o tamanho das partículas influenciaram o resultado positivo. Pode-se inferir que a razão de aspecto e procedimentos na produção como: lavagem das partículas; quantidade correta de água; homogeneização dos tratamentos na “maromba”; e cuidados na secagem (ambiente coberto), possibilitaram os resultados obtidos (figura 3).

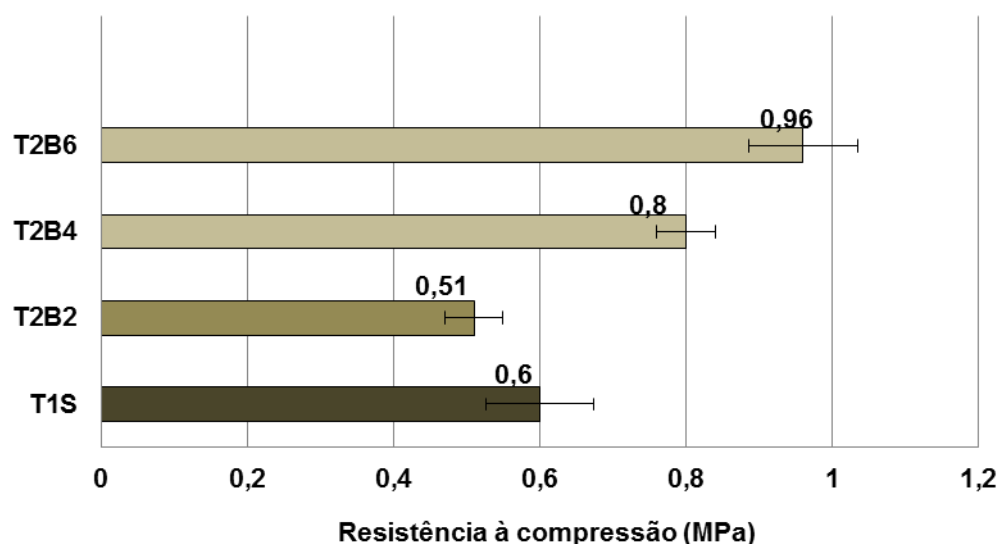


Figura 3. Resistência à compressão nos tratamentos propostos

5. CONCLUSÃO

O reforço com a incorporação de partículas lignocelulósicas “sliver” de bambu para resistência à flexão não foram significativos. Entretanto para resistência à compressão o acréscimo das partículas resultou num aumento em até 60% para o tratamento T2B6, atingindo 1 MPa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- American Society for Testing and Materials. (2000). *ASTM D 790: Standard test methods for flexural properties of unreinforced and reinforced plastics and electrical insulating materials*. West Conshohocken, 2000.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT. (2010a). *NBR 14853: Madeira: determinação do material solúvel em etanol-tolueno em diclorometano e em acetona*. Rio de Janeiro. 3 p.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT. (2010b). *NBR 7989: Pasta celulósica e madeira: determinação de lignina insolúvel em ácido*. Rio de Janeiro. 6 p.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT. (2003). *NBR 13999: Papel, cartão, pastas celulósicas e madeira: determinação do resíduo (cinza) após a incineração a 525°C*. Rio de Janeiro. 4 p.
- Barbosa, N. P.; Ghavami, K. (2007). *Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais*. In: ISAIA, G. C. (Org.). Terra crua. São Paulo: Ibracon. v. 2, p. 1505-1557.
- Browning, B.L. (1963). *The chemistry of wood*. Interscience Publisher.
- Berndsen, R. S. (2008). *Caracterização anatômica, física e mecânica de lâminas de bambu (Phyllostachys pubescens)*. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Curitiba PR: Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 98 p.
- Corrêa, A. A. R. (2013). *Incorporação de partículas lignocelulósicas e "baba de cupim sintética" no adobe*. Lavras MG: Universidade Federal de Lavras - UFLA. 201p.
- Ferreira, D. F. (2011). SISVAR: um sistema de computador de análise estatística. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042.
- Kennedy, F.; Phillips, G. O.; Williams, E. P. A. (1987). *Wood and cellulose: industrial utilization, biotechnology, structure and properties, Ellis Horwood*. Chichester: E. Horwood. 1.130 p.
- Lopes, O. H. (2003) *Bamboo: the gift of the Gods*. Bogotá: D´vinni. 553 p.
- Ruiz, L. E. H.; Luna J. A. M. (1983). *Cartilla de pruebas de campo*. Conescal: [s. n]. p. 72.
- Minke, G. (2005). *Manual de construcción en tierra: la tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual*. 2. ed. Montevideo: Fin de Siglo. 222p.
- Moslemi, A. A. *Particleboard: Materials*. Illinois: Southern Illinois University Press, 1974. v.1, 244 p.
- NTE E.080 – *Norma técnica de edificación (2000)*. Reglamento nacional de construcciones. Lima. Peru. 17p.
- Pereira, M. A. R.; Beraldo, A. L. (2007). *Bambu de corpo e alma*. Bauru SP: Canal6. 240 p.
- Quintilio P., Quagliarini E., Lenci S. (2011). Experimental analysis and modelling of the mechanical behaviour of earthen bricks. *Construction and Building Materials* 25 2067–2075.
- Standards Australia (2001). *AS 3700: Masonry structures*. Sydney. 205p.

NOTA

¹ Partículas 'sliver' referem-se a fragmentos de madeira com comprimento variando de 1,3 mm a 12,7 mm e espessura variando de 0,13 mm a 1,3 mm (Moslemi, 1974).

AUTORES

Andréa Aparecida Ribeiro Corrêa é Engenheira Civil (PUC-MINAS,1982), especialista CNPq-Aperfeiçoamento B pela Universidade Federal de Lavras (UFLA,1990), Mestre em Construções Rurais e Ambiente pela UFLA (2003), e Doutora em Ciência e Tecnologia da Madeira pela UFLA (2013). Professora substituta da UFLA. Tem experiência em materiais e técnicas não-convencionais; construção em terra crua com adobe; bambu; resíduos lignocelulósicos e painéis em geral.

Thiago de Paula Protásio é Engenheiro Florestal e Mestre em Ciência e Tecnologia da Madeira pela UFLA. Professor Substituto na UFG. Cursa doutorado em Ciência e Tecnologia da Madeira pela mesma instituição. Tem experiência na área de Recursos Florestais e Engenharia Florestal, com ênfase em energia de biomassa vegetal incluindo aproveitamento de resíduos lignocelulósicos, densificação de materiais lignocelulósicos residuais, tratamento térmico de biomassa vegetal, seleção de clones de eucalipto para a produção de carvão vegetal e lenha, qualidade do carvão vegetal e da madeira, análises de regressão e correlação, análise multivariada e modelagem aplicadas.

Rubens do Monte Lima Silva Scatolino é graduando em Ciências Biológicas (Bacharelado) na UFLA. Projetos de extensão: engenheiros sem fronteira-Núcleo Lavras (ESF-L); estagiário interdisciplinar de vivência em áreas de reforma agrária em Minas Gerais (EIV); membro do Núcleo de Estudos Yebá Ervas & Matos; membro do Núcleo de Estudos em Agroecologia, Permacultura e Extensão Inovadora.

Lourival Marin Mendes é Engenheiro Florestal (UFLA,1990), Mestre em Ciência Florestal (UFV,1993), Doutor em Engenharia Florestal (UFP,2001). Atualmente é Prof. Associado Nível 1 do DCF- UFLA. Tem experiência em Recursos Florestais e Engenharia Florestal, com ênfase em tecnologia de chapas, atuando nos seguintes temas: madeira, eucalipto, painéis de madeira, chapas de partículas, OSB, resíduos lignocelulósicos, materiais não-convencionais e sustentabilidade.

AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO TÉRMICO DE PAREDES DE ADOBE, BLOCOS DE CONCRETO E BLOCOS CERÂMICOS DE ACORDO COM A NORMA ABNT NBR 15220:2005

Obede Borges Faria¹; Eduardo da Silva Pinto²; Célia Neves³

(1) Prof. Dr. – Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia de Bauru, UNESP, Av. Eng. Luiz E. C. Coube, 14-01 CEP 17033-360 Bauru-SP. E-mail: obede.faria@gmail.com

(2) Arquiteto, mestrando – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, FAAC – Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, UNESP-Bauru. E-mail: falecom_edu@hotmail.com

(3) Pesquisadora M.Sc., Rede Ibero-Americana PROTERRA/Rede TerraBrasil, E-mail: cneves2012@gmail.com

Palavras-chave: desempenho térmico de paredes, adobe, bloco de concreto, bloco cerâmico, ABNT NBR 15220:2005

Resumo

É muito comum, mesmo em eventos científicos cujo tema é a arquitetura e construção com terra, ouvirem-se afirmações categóricas sobre a superioridade da terra como material de construção, do ponto de vista do desempenho térmico, em detrimento de outros materiais. Na maioria das vezes, esta é uma afirmação leviana, porque carece de sólida investigação científica, baseada em estratégias metodológicas adequadas. Para contribuir com o preenchimento desta lacuna, neste trabalho é apresentada uma avaliação teórica do desempenho térmico de paredes de adobes, comparadas com paredes de blocos de concreto e de blocos cerâmicos, dois materiais de vedação tidos como convencionais, no Brasil. Esta avaliação foi realizada com base na norma brasileira NBR 15220/2005 (“Desempenho térmico de edificações”, composta por 5 partes), aplicada a um estudo de caso realizado com 3 protótipos de habitação de interesse social, construídos com estes materiais no campus de Bauru-SP, da UNESP (Universidade Estadual Paulista), como parte de um projeto de pesquisa financiado pela FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo. Os resultados encontrados apontaram para a superioridade do adobe no que diz respeito à capacidade térmica (C_T) e ao atraso térmico (ϕ). No entanto, notou-se sua desvantagem no que diz respeito às resistências térmicas (R_T e R_t), transmitância térmica (U) e fator de ganho de calor solar (FS_0). Porém, nestes parâmetros nos quais ficou em desvantagem são consideradas as mesmas variáveis, arrançadas de diferentes formas. Cabe salientar que as vantagens são relativas e, em alguns casos, não muito significativas, porque dependem muito da espessura das paredes.

1. INTRODUÇÃO

Muito se comenta sobre as qualidades térmicas das paredes de terra, assim como sobre sua superioridade quando comparadas com outros materiais, tomando-se por base apenas a experiência sensorial e subjetiva de quem ocupa ambientes construídos com este material. No entanto, são escassos os textos científicos que tratam deste tema, resultantes de sólidos e criteriosos trabalhos de pesquisa, baseados em experimentações, de acordo com normas técnicas de referência.

Em um dos raros trabalhos encontrados sobre o tema, Porta-Gándara et al (2002) avaliam o desempenho comparativo de construções de adobe e de blocos de concreto, na Baixa Califórnia do Sul (México), no que diz respeito ao consumo de energia para climatização destas construções, mantendo-se a temperatura interna em 26°C. Note-se que se trata de uma região tropical, semelhante às condições brasileiras, porém no hemisfério norte. As paredes de adobe tinham espessura de 25 cm e as de bloco de concreto, 10 cm. O principal resultado da pesquisa é mostrado nas figuras 1 e 2, de onde se pode observar que o ambiente de concreto consumiu 5 vezes mais energia que o de adobes, cuja espessura de paredes era de 2,5 vezes a de concreto.

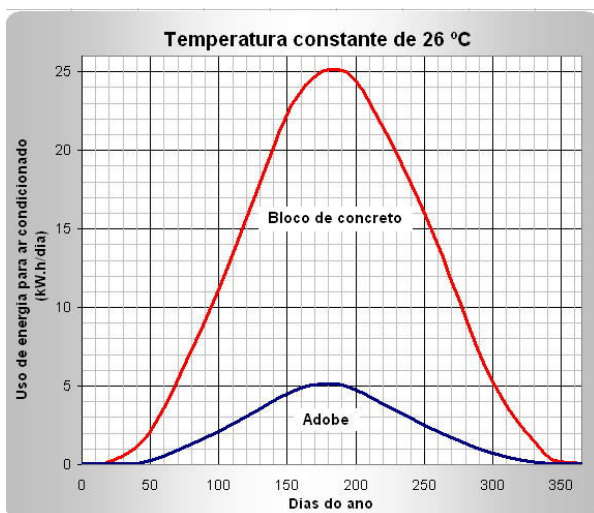


Figura 1. Consumo de energia com refrigeração, para manter a temperatura interna da construção em 26 °C, ao longo do ano (adaptado de Porta-Gândara et al, 2001)

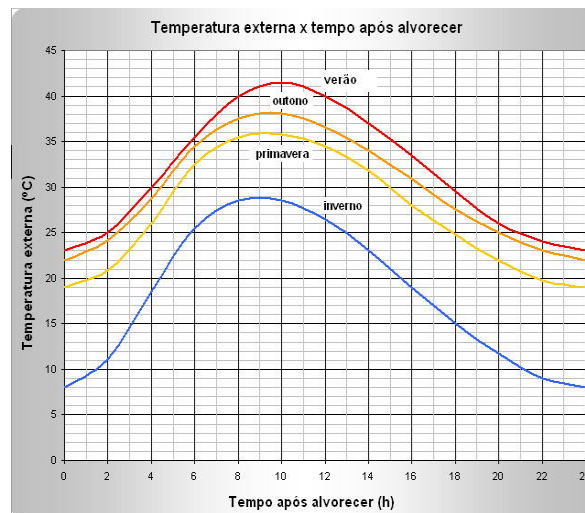


Figura 2. Variação da temperatura externa, após o alvorecer, para as quatro estações do ano (adaptado de Porta-Gândara et al, 2001)

No presente trabalho é apresentada uma síntese do “Capítulo 10” de Faria (2007), relatório de um projeto de pesquisa financiado pela FAPESP, em continuidade à pesquisa de doutorado do autor (FARIA, 2002). Parte deste projeto foi apresentada por Faria et al (2007). No projeto foram construídos três protótipos de habitação de interesse social (HIS), compostos por uma sala-cozinha, um banheiro e um dormitório (com área útil de 50 m²), um com adobes, outro com blocos de concreto e outro com blocos cerâmicos. O objetivo do projeto foi avaliar a aplicação de adobe na produção de HIS e fazer uma avaliação comparativa de custos e conforto térmico com dois materiais convencionais.

Na figura 3 é apresentada uma vista panorâmica da face norte dos protótipos, na qual estavam posicionadas as paredes cegas, para aumentar a superfície de incidência do sol e destacar as diferenças de comportamento dos materiais de vedação. Pelo mesmo motivo, as paredes foram pintadas na cor grafite. As janelas estavam voltadas para a face sul.



Figura 3. Vista geral da face norte dos três protótipos: adobes (A), blocos de concreto (C) e blocos cerâmicos (B). (adaptado de Faria, 2007)

Dentre outros aspectos, foi avaliado o desempenho térmico teoricamente, de acordo com a norma brasileira NBR 15220-2 (ABNT, 2005), e medidos alguns destes parâmetros experimentalmente, através de instrumentação adequada dos protótipos, com sistema de aquisição de dados informatizado. No presente trabalho é apresentada apenas a avaliação teórica, como exemplo de aplicação da metodologia proposta pela norma.

2. PARÂMETROS DE DESEMPENHO TÉRMICO DE PAREDES, SEGUNDO A NBR 15220-2 (ABNT, 2005)

Segundo a norma brasileira NBR 15220-2 (ABNT, 2005), ainda pouco utilizada, os principais parâmetros de desempenho térmico de paredes são: a) Resistência térmica (de superfície a superfície, ou de ambiente a ambiente); b) Transmitância térmica; c) Capacidade térmica; d) Atraso térmico; e e) Fator de ganho de calor solar. Neste item são apresentados os conceitos e as principais equações para o cálculo destes parâmetros e, a seguir, os seus cálculos para os três tipos de material de vedação utilizados nos protótipos (adobe, blocos de concreto e blocos cerâmicos).

Os parâmetros apresentados a seguir constituem uma síntese das definições da NBR 15220-2 (ABNT, 2005), voltadas à situação da presente pesquisa.

2.1 Resistência térmica de um componente

A resistência térmica (R) de uma camada homogênea de material sólido, é determinada pela equação 1.

$$R = e/\lambda \quad (1)$$

onde: R : resistência térmica da camada ($m^2.K/W$)
 e : espessura da camada (m)
 λ : condutividade térmica do material ($W/m.K$)

A resistência térmica de superfície a superfície de um componente plano (R_t), constituído de **camadas homogêneas**, perpendiculares ao fluxo de calor, é determinada pela equação 2.

$$R_t = R_{t_1} + R_{t_2} + \dots + R_{t_n} + R_{a_1} + R_{a_2} + \dots + R_{a_n} \quad (2)$$

onde: R_t : resistência térmica, de superfície a superfície do componente ($m^2.K / W$)
 R_{ti} : resistência térmica da camada "i" do componente ($m^2.K / W$)
 R_{ari} : resistência térmica da camada de ar "i" do componente ($m^2.K / W$)

A resistência térmica do componente, de ambiente a ambiente, ou resistência térmica total (R_T), é dada pela equação 3.

$$R_T = R_{se} + R_t + R_{si} \quad (3)$$

onde: R_T : resistência térmica, de ambiente a ambiente ($m^2.K / W$)
 R_t : resistência térmica, de superfície a superfície do componente ($m^2.K / W$)
 R_{se} : resistência superficial externa, obtida da *tabela A.1* da norma ($m^2.K / W$)
 R_{si} : resistência superficial interna, obtida da *tabela A.1* da norma ($m^2.K / W$)

A resistência térmica de superfície a superfície de um componente plano (R_t), constituído de **camadas não homogêneas**, perpendiculares ao fluxo de calor, é determinada pela equação 4.

$$R_t = \frac{A_a + A_b + \dots + A_n}{\frac{A_a}{R_a} + \frac{A_b}{R_b} + \dots + \frac{A_n}{R_n}} \quad (4)$$

onde: R_t : resistência térmica, de ambiente a ambiente ($m^2.K / W$)
 A_a, A_b, \dots, A_n : áreas de cada seção (m^2)
 R_a, R_b, \dots, R_n : resistência térmica de superfície a superfície, para cada seção ($m^2.K / W$)

2.2 Transmitância térmica de componentes

A transmitância térmica (ou *coeficiente global de transferência de calor*) de componentes (U), ambiente a ambiente, é dada pela equação 5.

$$U = 1/R_T \quad (5)$$

onde: U : resistência térmica da camada ($m^2.K/W$)

R_T : resistência térmica, de ambiente a ambiente ($W/m^2.K$)

2.3 Capacidade térmica de componentes

A capacidade térmica de componentes (C_T), com **camadas homogêneas** é dada pela equação 6.

$$C_T = \sum_{i=1}^n e_i \cdot c_i \cdot \rho_i \quad (6)$$

onde: C_T : capacidade térmica do componente ($kJ/m^2.K$)
 e_i : espessura da camada i^a (m)
 c_i : calor específico do material da camada i^a ($kJ/kg.K$)
 ρ_i : densidade de massa aparente do material da camada i^a (kg/m^3)

A capacidade térmica de componentes (C_T), com camadas **não homogêneas** é dada pela equação 7.

$$C_T = \frac{A_a + A_b + \dots + A_n}{\frac{A_a}{C_{Ta}} + \frac{A_b}{C_{Tb}} + \dots + \frac{A_n}{C_{Tn}}} \quad (7)$$

onde: C_T : capacidade térmica, de ambiente a ambiente ($kJ / m^2.K$)
 A_a, A_b, \dots, A_n : áreas de cada seção (m^2)
 $C_{Ta}, C_{Tb}, \dots, C_{Tn}$: capacidades térmicas do componente, para cada seção ($kJ / m^2.K$)

2.4 Atraso térmico de componentes

O atraso térmico (φ) de uma placa **homogênea** (constituída por um único material), com espessura “e” e submetida a um regime térmico variável e senoidal, com período de 24h, é dada pela equação 8.

$$\varphi = 0,7284 \cdot \sqrt{R_T \cdot C_T} \quad (8)$$

onde: φ : atraso térmico (h)
 C_T : capacidade térmica do componente ($kJ/m^2.K$)
 R_T : resistência térmica do componente ($W/m^2.K$)

No caso de componente **heterogêneo** (formado por diferentes materiais, superpostos em “n” camadas paralelas às faces perpendiculares ao fluxo de calor), o atraso térmico varia conforme a ordem das camadas e pode ser calculado pela equação 9.

$$\varphi = 1,382 \cdot R_t \cdot \sqrt{B_1 + B_2} \quad (9)$$

onde: φ : atraso térmico (h)
 R_t : resistência térmica de superfície a superfície do componente ($W/m^2.K$)
 $B_1 = 0,226 B_0 / R_t$ $B_0 = C_T - C_{T_{ext}}$

$$B_2 = 0,205 \cdot \left[\frac{(\lambda \cdot \rho \cdot c)_{ext}}{R_t} \right] \cdot \left(R_{ext} - \frac{R_t - R_{ext}}{10} \right) \text{ (considerar } B_2 \text{ nulo caso seja negativo)}$$

C_T : capacidade térmica total do componente ($kJ/m^2.K$)
 $C_{T_{ext}}$: capacidade térm. da camada mais externa do componente ($kJ/m^2.K$)
 R_{ext} : resist. térm. da última camada do componente, junto à face externa ($W/m^2.K$)
 λ_i : condutividade térmica do material da camada i^a ($W/m.K$)
 ρ_i : densidade de massa aparente do material da camada i^a (kg/m^3)
 c_i : calor específico do material da camada i^a ($kJ/kg.K$)

2.5 Fator de ganho de calor solar de elementos opacos

O fator de ganho de calor solar de elementos opacos, ou apenas fator solar de elementos opacos (FS_o), é dado pela equação

$$FS_o = 100 \cdot U \cdot \alpha \cdot R_{se} \quad (10)$$

onde: FS_o : fator solar de elementos opacos (%)
 U : transmitância térmica do componente ($m^2.K/W$)
 α : absorvância á radiação solar – função da cor (**tabela B.2** da norma)
 R_{se} : resistência superficial externa (**tabela A.1** da norma)

OBS: Quando se respeitar um limite de fator solar, para uma determinada região climática (NBR 15220-3), pode-se determinar o máximo valor de α em função do fator solar e da transmitância térmica, de acordo com a equação 11.

$$\alpha \leq FS_o / (4 \cdot U) \quad (11)$$

Com este cálculo, pode-se escolher a cor mais adequada à pintura das paredes.

3. CÁLCULO DOS PARÂMETROS DE DESEMPENHO TÉRMICO DAS PAREDES PARA OS TRÊS MATERIAIS

Neste item são apresentados os cálculos dos parâmetros descritos no item anterior, para cada um dos três materiais de vedação: adobe, tijolo cerâmico alveolar (“baiano” de 8 furos) e blocos de concreto.

3.1 Paredes de adobe, rebocadas em ambas as faces

Na figura 4 são apresentadas as características geométricas das paredes do protótipo construído com adobes de 11,3 cm x 13 cm x 26,8 cm (dimensões médias).

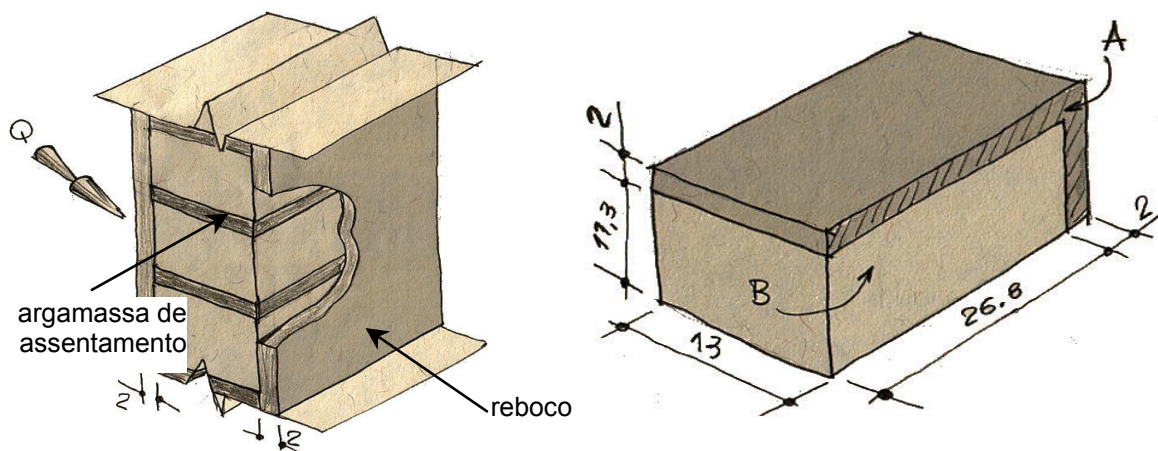


Figura 4. Representação esquemática da parede de adobe e do elemento isolado, com suas características geométricas e indicação das seções A e B

a) Resistência térmica da parede (superfície a superfície)

SEÇÃO A (reboco + argamassa + reboco)

Pelas equação 1 e 2, considerando-se $\lambda_{reboco} = \lambda_{argamassa} = 1,15 \text{ W/m.K}$ (da tabela B.3 da norma), tem-se:

$$R_a = \frac{e_{reboco}}{\lambda_{reboco}} + \frac{e_{arg\ amassa}}{\lambda_{arg\ amassa}} + \frac{e_{reboco}}{\lambda_{reboco}} \quad \Rightarrow R_a = 0,1478 \text{ (m}^2.K) / W$$

A área da seção A, é calculada por $A_a = (0,02 \times 0,268) + (0,02 \times 0,133) \quad \Rightarrow A_a = 0,0080 \text{ m}^2$

SEÇÃO B (reboco + adobe + reboco)

Dos materiais listados na tabela B.3, o que mais se aproxima do adobe ($\rho_{ap} \cong 1.700 \text{ kg/m}^3$) é o tijolo cerâmico, com ρ_{ap} entre 1.600 e 1.800 kg/m^3 , pode-se considerar $\lambda_{adobe} = 1,00 \text{ W/mK}$. Cabe salientar que Battistelle (2002) encontrou, experimentalmente, resultado muito próximo deste, para condutividade térmica ($\lambda_{adobe \text{ Battistelle}} = 0,98 \text{ W/m.K}$); assim como Stulz (2000).

A área da seção B, é calculada por $A_b = (0,113 \times 0,268) \Rightarrow A_b = 0,0303 \text{ m}^2$

Pelas equação 1 e 2, tem-se:

$$R_b = \frac{e_{reboco}}{\lambda_{reboco}} + \frac{e_{adobe}}{\lambda_{adobe}} + \frac{e_{reboco}}{\lambda_{reboco}} \Rightarrow R_b = 0,1648 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$$

Portanto, pela equação 4, a resistência térmica (R_t) da parede, superfície à superfície, será:

$$\underline{R_t = 0,1609 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}}$$

b) Resistência térmica total (de ambiente a ambiente)

Considerando-se, da tabela A.1 (para fluxo horizontal), que $R_{se} = 0,04 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$ e $R_{si} = 0,13 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$, a resistência térmica total (R_T), de ambiente a ambiente, calculada pela equação 3, será:

$$\underline{R_T = 0,3309 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}}$$

c) Transmitância térmica

A transmitância térmica (U) da parede, calculada pela equação 5, será: $\underline{U = 3,02 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}}$

d) Capacidade térmica da parede

Da tabela B.3, da norma, tem-se:

$$\begin{aligned} C_{reboco} = C_{argamassa} &= 1,00 \text{ kJ/(kg.K)} & C_{adobe} &= 0,92 \text{ kJ/(kg.K)} \\ \rho_{reboco} = \rho_{argamassa} &= 2.000 \text{ kg/m}^3 & \rho_{adobe} &= 1.700 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

SEÇÃO A (reboco + argamassa + reboco)

Pela equação 6, tem-se:

$$C_{Ta} = (e \cdot c \cdot \rho)_{reboco} + (e \cdot c \cdot \rho)_{argamassa} + (e \cdot c \cdot \rho)_{reboco} \Rightarrow C_{Ta} = 340 \text{ kJ/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

SEÇÃO B (reboco + adobe + reboco)

Pela equação 6, tem-se:

$$C_{Tb} = (e \cdot c \cdot \rho)_{reboco} + (e \cdot c \cdot \rho)_{adobe} + (e \cdot c \cdot \rho)_{reboco} \Rightarrow C_{Tb} = 283,32 \text{ kJ/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

Portanto, pela equação 7, a capacidade térmica da parede será: $\Rightarrow \underline{C_T = 293 \text{ kJ/(m}^2 \cdot \text{K)}}$

e) Atraso térmico da parede

Considerando-se que:

$$\begin{aligned} R_{ext} = R_{reboco} &= 0,02/1,15 = 0,0174 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W} \text{ (da equação 1)} \\ R_t &= 0,1609 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W} & C_T &= 293 \text{ kJ/(m}^2 \cdot \text{K)} \\ C_{T_{ext}} = C_{T_{reboco}} &= (0,02 \cdot 1,00 \cdot 2000) = 40 \text{ kJ/(m}^2 \cdot \text{K)} \end{aligned}$$

Da equação 9, tem-se: $B_0 = 253 \text{ kJ/(m}^2 \cdot \text{K)}$ $B_1 = 355,36$ $B_2 = 8,91$

Portanto, o atraso térmico da parede (φ) será dado por:

$$\varphi = 1,382 \cdot 0,1609 \cdot \sqrt{355,36 + 8,91} \Rightarrow \underline{\varphi = 4,24 \text{ horas}}$$

f) Fator de ganho de calor solar

Considerando-se que:

$$R_{se} = 0,04 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W} \text{ (da tabela A.1)} \quad \alpha = 0,97 \text{ (da tabela B.2)} \quad U = 3,02 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

O fator de ganho de calor solar (FS_o) da parede pode ser calculado pela equação 10: $\Rightarrow FS_o = 11,7 \%$

De acordo com a NBR 15220-3, a construção se situa na Zona Bioclimática 3; portanto, recomendam-se (paredes pesadas): $U \leq 2,20 W/(m^2.K)$ $\varphi \geq 6,5$ horas $FS_o \leq 3,5 \%$

Dessa forma, o limite máximo de absorvância recomendado pode ser calculado pela equação 11: $\Rightarrow \alpha \leq 0,29$

OBS: Portanto, para se respeitar este limite, de acordo com a tabela B.2, as paredes deveriam ser pintadas de branco ($\alpha=0,20$) ou de amarelo ($\alpha=0,20$). No presente trabalho, as paredes foram pintadas na cor grafite, justamente para evidenciar ao máximo as diferenças de comportamento térmico entre os três materiais (adobe, concreto e cerâmico), na etapa de aquisição de dados experimentais (“medições”).

3.2 Paredes de blocos de concreto, rebocadas em ambas as faces

Na figura 5 são apresentadas as características geométricas das paredes do protótipo construído com blocos de concreto com duas células.

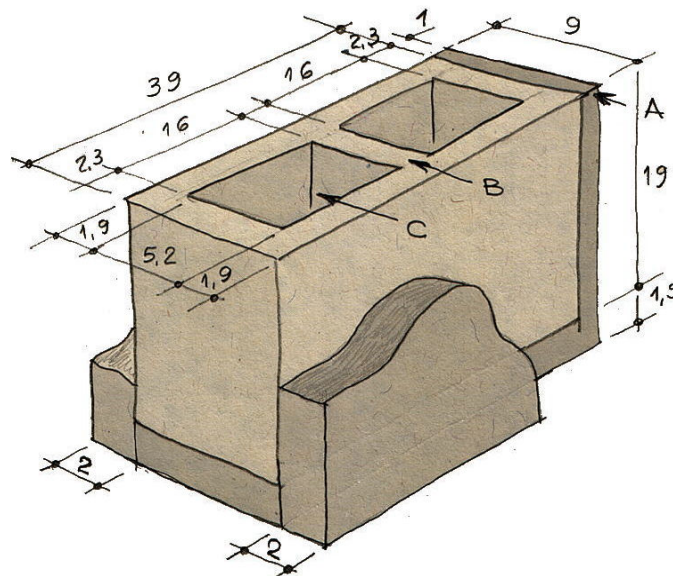


Figura 5. Representação esquemática da parede de blocos de concreto, com suas características geométricas e indicação das seções A, B e C

a) Resistência térmica da parede (superfície a superfície)

SEÇÃO A (reboco + argamassa + reboco)

Pelas equação 1 e 2, considerando-se $\lambda_{reboco} = \lambda_{argamassa} = 1,15 W/mK$ (da tabela B.3 da norma), tem-se:

$$R_a = \frac{e_{reboco}}{\lambda_{reboco}} + \frac{e_{arg\ amassa}}{\lambda_{arg\ amassa}} + \frac{e_{reboco}}{\lambda_{reboco}} \quad \Rightarrow R_a = 0,1130 (m^2.K)/W$$

A área da seção A, é calculada por: $A_a = (0,015 \times 0,39) + (0,01 \times 0,205) \quad \Rightarrow A_a = 0,0079 m^2$

SEÇÃO B (reboco + concreto + reboco)

Da tabela B.3, as características do concreto normal são:

$$\rho_{ap} = 2.400 kg/m^3; \lambda_{concreto} = 1,75 W/m.K$$

A área da seção B, é calculada por: $A_b = (0,023 \times 0,190) \quad \Rightarrow A_b = 0,0044 m^2$

Pelas equação 1 e 2, tem-se:

$$R_b = \frac{e_{reboco}}{\lambda_{reboco}} + \frac{e_{concreto}}{\lambda_{concreto}} + \frac{e_{reboco}}{\lambda_{reboco}} \Rightarrow R_b = 0,1434 (m^2.K)/W$$

SEÇÃO C (reboco + concreto + câmara de ar + concreto + reboco)

Para a câmara de ar, da tabela B.1 (para superfície de alta emissividade, espessura da câmara de ar > 5cm, fluxo horizontal), tem-se $R_{ar} = 0,17 (m^2.K)/W$.

A área da seção C, é calculada por: $A_c = (0,160 \times 0,190) \Rightarrow A_c = 0,0304 m^2$

Pelas equação 1 e 2, tem-se:

$$R_c = \frac{e_{reboco}}{\lambda_{reboco}} + \frac{e_{concreto}}{\lambda_{concreto}} + R_{ar} + \frac{e_{concreto}}{\lambda_{concreto}} + \frac{e_{reboco}}{\lambda_{reboco}} \Rightarrow R_c = 0,2184 (m^2.K)/W$$

Como cada elemento da parede é composto por **1 seção A**, **3 seções B** e **2 seções C**, pela equação 4, a resistência térmica (R_t) da parede, superfície a superfície, será:

$$R_t = \frac{A_a + (3 \cdot A_b) + (2 \cdot A_c)}{\frac{A_a}{R_a} + \frac{(3 \cdot A_b)}{R_b} + \frac{(2 \cdot A_c)}{R_c}} \Rightarrow R_t = 0,1860 (m^2.K)/W$$

b) Resistência térmica total (de ambiente a ambiente)

Considerando-se, da tabela A.1 (para fluxo horizontal), que $R_{se} = 0,04 (m^2.K)/W$ e $R_{si} = 0,13 (m^2.K)/W$, a resistência térmica total (R_T), de ambiente a ambiente, calculada pela equação 3, será: $R_T = 0,04 + 0,1860 + 0,13 \Rightarrow R_T = 0,3560 (m^2.K)/W$

c) Transmitância térmica

A transmitância térmica (U) da parede, calculada pela equação 5, será:

$$U = \frac{1}{0,3560} \Rightarrow U = 2,81 W/(m^2.K)$$

d) Capacidade térmica da parede

Da tabela B.3, da norma, tem-se:

$$c_{reboco} = c_{argamassa} = 1,00 kJ/(kg.K) \quad c_{concreto} = 1,00 kJ/(kg.K)$$

$$\rho_{reboco} = \rho_{argamassa} = 2.000 kg/m^3 \quad \rho_{concreto} = 2.400 kg/m^3$$

SEÇÃO A (reboco + argamassa + reboco)

Pela equação 6, tem-se:

$$C_{Ta} = (e \cdot c \cdot \rho)_{reboco} + (e \cdot c \cdot \rho)_{argamassa} + (e \cdot c \cdot \rho)_{reboco} \Rightarrow C_{Ta} = 260 kJ/(m^2.K)$$

SEÇÃO B (reboco + concreto + reboco)

Pela equação 6, tem-se:

$$C_{Tb} = (e \cdot c \cdot \rho)_{reboco} + (e \cdot c \cdot \rho)_{concreto} + (e \cdot c \cdot \rho)_{reboco} \Rightarrow C_{Tb} = 296 kJ/(m^2.K)$$

SEÇÃO C (reboco + concreto + câmara de ar + concreto + reboco)

Pela equação 6, tem-se:

$$C_{Tc} = (e \cdot c \cdot \rho)_{reboco} + (e \cdot c \cdot \rho)_{concreto} + (e \cdot c \cdot \rho)_{ar} + (e \cdot c \cdot \rho)_{concreto} + (e \cdot c \cdot \rho)_{reboco}$$

Desprezando-se a capacidade térmica do ar, tem-se: $\Rightarrow C_{Tc} = 171,2 kJ/(m^2.K)$

Como cada elemento da parede é composto por **1 seção A**, **3 seções B** e **2 seções C**, pela equação 7, a resistência térmica (R_t) da parede, superfície à superfície, será:

$$C_T = \frac{A_a + (3 \cdot A_b) + (2 \cdot A_c)}{\frac{A_a}{C_{Ta}} + \frac{(3 \cdot A_b)}{C_{Tb}} + \frac{(2 \cdot A_c)}{C_{Tc}}} \Rightarrow \underline{C_T = 190 \text{ kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})}$$

e) Atraso térmico da parede

Considerando-se que:

$$\begin{aligned} R_{ext} = R_{reboco} &= 0,02/1,15 = 0,0174 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W (da equação 1)} \\ R_t &= 0,1860 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W} \quad C_T = 190 \text{ kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) \\ C_{Text} = C_{Treboco} &= (0,02 \cdot 1,00 \cdot 2000) = 40 \text{ kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) \end{aligned}$$

Da equação 9, tem-se: $B_0 = 150 \text{ kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ $B_1 = 182,26$ $B_2 = 1,37$

Portanto, o atraso térmico da parede (ϕ) será dado por:

$$\phi = 1,382 \cdot 0,1860 \cdot \sqrt{182,26 + 1,37} \Rightarrow \underline{\phi = 3,48 \text{ horas}}$$

f) Fator de ganho de calor solar

Considerando-se que:

$$R_{se} = 0,04 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W (da tabela A.1)} \quad \alpha = 0,97 \text{ (da tabela B.2)} \quad U = 2,81 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

O fator de ganho de calor solar (FS_o) da parede pode ser calculado pela equação 10: $\Rightarrow \underline{FS_o = 10,90 \%}$

De acordo com a NBR 15220-3, a construção se situa na Zona Bioclimática 3; portanto, recomendam-se (paredes pesadas): $U \leq 2,20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ $\phi \geq 6,5 \text{ horas}$ $FS_o \leq 3,5 \%$

Dessa forma, o limite máximo de absorvância recomendado pode ser calculado pela equação 11: $\alpha \leq 3,5/(4 \cdot 2,81)$ $\Rightarrow \alpha \leq 0,31$

OBS: Portanto, para se respeitar este limite, de acordo com a tabela B.2, as paredes deveriam ser pintadas de amarelo ($\alpha=0,30$) ou de branco ($\alpha=0,20$). No presente trabalho, as paredes foram pintadas na cor grafite, justamente para evidenciar ao máximo as diferenças de comportamento térmico entre os três materiais (adobe, concreto e cerâmico).

3.3 Paredes de blocos cerâmicos (8 furos), rebocadas em ambas as faces

Na figura 6 são apresentadas, esquematicamente, as características geométricas das paredes do protótipo construído com blocos cerâmicos de 8 furos, observando-se que foi necessário (para simplificar os cálculos) fazer uma simplificação da seção do tijolo, como mostrado no desenho menor (canto superior esquerdo da figura).

a) Resistência térmica da parede (superfície a superfície)

SEÇÃO A (reboco + argamassa + reboco)

Pelas equações 1 e 2, considerando-se $\lambda_{reboco} = \lambda_{argamassa} = 1,15 \text{ W/mK}$ (da tabela B.3 da norma), tem-se:

$$R_a = \frac{e_{reboco}}{\lambda_{reboco}} + \frac{e_{argamassa}}{\lambda_{argamassa}} + \frac{e_{reboco}}{\lambda_{reboco}} \Rightarrow \underline{R_a = 0,1130 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}}$$

A área da seção A, é calculada por: $A_a = (0,010 \times 0,19) + (0,02 \times 0,200) \Rightarrow \underline{A_a = 0,0059 \text{ m}^2}$

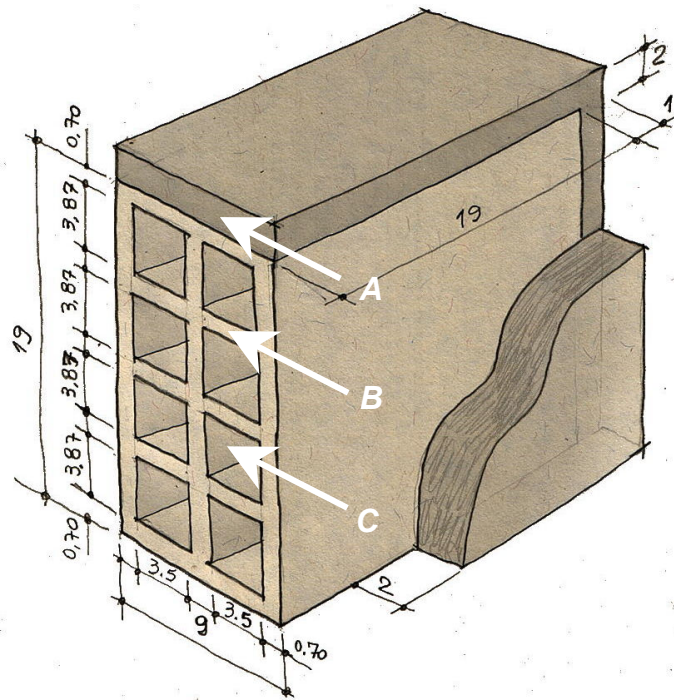


Figura 6. Representação esquemática da parede de bloco cerâmico e do elemento isolado, com suas características geométricas e indicação das seções A, B e C

SECÃO B (reboco + cerâmica + reboco)

Da tabela B.3, as características da cerâmica média são: $\rho_{cerâmica} = 1.600 \text{ kg/m}^3$; $\lambda_{cerâmica} = 0,90 \text{ W/m.K}$

A área da seção B, é calculada por: $A_b = (0,007 \times 0,190)$ $\Rightarrow A_b = 0,0013 \text{ m}^2$

Pelas equação 1 e 2, tem-se:

$$R_b = \frac{e_{reboco}}{\lambda_{reboco}} + \frac{e_{cerâmica}}{\lambda_{cerâmica}} + \frac{e_{reboco}}{\lambda_{reboco}} \Rightarrow R_b = 0,2459 \text{ (m}^2\text{.K)/W}$$

SECÃO C (reboco + cerâmica + câmara de ar + cerâmica + câmara de ar + cerâmica + reboco)

Para a câmara de ar, da tabela B.1 (para superfície de alta emissividade, espessura da câmara de ar < 5cm, fluxo horizontal), tem-se $R_{ar} = 0,16 \text{ (m}^2\text{.K)/W}$.

A área da seção C, é calculada por: $A_c = (0,0387 \times 0,190)$ $\Rightarrow A_c = 0,0074 \text{ m}^2$

Pelas equação 1 e 2, tem-se:

$$R_c = \frac{e_{reboco}}{\lambda_{reboco}} + \frac{e_{cerâmica}}{\lambda_{cerâmica}} + R_{ar} + \frac{e_{cerâmica}}{\lambda_{cerâmica}} + R_{ar} + \frac{e_{cerâmica}}{\lambda_{cerâmica}} + \frac{e_{reboco}}{\lambda_{reboco}} \Rightarrow R_c = 0,3781 \text{ (m}^2\text{.K)/W}$$

Como cada elemento da parede é composto por **1 seção A**, **5 seções B** e **4 seções C**, pela equação 4, a resistência térmica (R_t) da parede, superfície à superfície, será:

$$R_t = \frac{A_a + (5 \cdot A_b) + (4 \cdot A_c)}{\frac{A_a}{R_a} + \frac{(5 \cdot A_b)}{R_b} + \frac{(4 \cdot A_c)}{R_c}} \Rightarrow R_t = 0,2676 \text{ (m}^2\text{.K)/W}$$

b) Resistência térmica total (de ambiente a ambiente)

Considerando-se, da tabela A.1 (para fluxo horizontal), que $R_{se} = 0,04 (m^2.K)/W$ e $R_{si} = 0,13 (m^2.K)/W$, a resistência térmica total (R_T), de ambiente a ambiente, calculada pela equação 3, será: $R_T = 0,04 + 0,2676 + 0,13 \Rightarrow \underline{R_T = 0,4376 (m^2.K)/W}$

c) Transmitância térmica

A transmitância térmica (U) da parede, calculada pela equação 5, será:

$$U = \frac{1}{0,4376} \Rightarrow \underline{U = 2,29 W/(m^2.K)}$$

d) Capacidade térmica da parede

Da tabela B.3, da norma, tem-se:

$$c_{reboco} = c_{argamassa} = 1,00 \text{ kJ/(kg.K)} \quad c_{cerâmica} = 0,92 \text{ kJ/(kg.K)}$$

$$\rho_{reboco} = \rho_{argamassa} = 2.000 \text{ kg/m}^3 \quad \rho_{cerâmica} = 1.600 \text{ kg/m}^3$$

SEÇÃO A (reboco + argamassa + reboco)

Pela equação 6, tem-se:

$$C_{Ta} = (e \cdot c \cdot \rho)_{reboco} + (e \cdot c \cdot \rho)_{argamassa} + (e \cdot c \cdot \rho)_{reboco} \Rightarrow C_{Ta} = 260 \text{ kJ/(m}^2.K)$$

SEÇÃO B (reboco + cerâmica + reboco)

Pela equação 6, tem-se:

$$C_{Tb} = (e \cdot c \cdot \rho)_{reboco} + (e \cdot c \cdot \rho)_{cerâmica} + (e \cdot c \cdot \rho)_{reboco} \Rightarrow C_{Tb} = 90 \text{ kJ/(m}^2.K)$$

SEÇÃO C (reboco + cerâmica + câmara de ar + cerâmica + câmara de ar + cerâmica + reboco)

Pela equação 6, tem-se:

$$C_{Tc} = (e \cdot c \cdot \rho)_{reb} + (e \cdot c \cdot \rho)_{cerâm} + C_{Tar} + (e \cdot c \cdot \rho)_{cerâm} + C_{Tar} + (e \cdot c \cdot \rho)_{cerâm} + (e \cdot c \cdot \rho)_{reb}$$

Desprezando-se a capacidade térmica do ar, tem-se:

$$\Rightarrow C_{Tc} = 111 \text{ kJ/(m}^2.K)$$

Como cada elemento da parede é composto por **1 seção A**, **5 seções B** e **4 seções C**, pela equação 7, a resistência térmica (R_t) da parede, superfície à superfície, será:

$$C_T = \frac{A_a + (5 \cdot A_b) + (4 \cdot A_c)}{\frac{A_a}{C_{Ta}} + \frac{(5 \cdot A_b)}{C_{Tb}} + \frac{(4 \cdot A_c)}{C_{Tc}}} \Rightarrow \underline{C_T = 116 \text{ kJ/(m}^2.K)}$$

e) Atraso térmico da parede

Considerando-se que:

$$R_{ext} = R_{reboco} = 0,02/1,15 = 0,0174 (m^2.K)/W \text{ (da equação 1)}$$

$$R_t = 0,2676 (m^2.K)/W \quad C_T = 116 \text{ kJ/(m}^2.K)$$

$$C_{Text} = C_{Treboco} = (0,02 \cdot 1,00 \cdot 2000) = 40 \text{ kJ/(m}^2.K)$$

$$\text{Da equação 9, tem-se: } B_0 = 76 \text{ kJ/(m}^2 \cdot K) \quad B_1 = 64,19 \quad B_2 = -13,43$$

Como $B_2 < 0$, a norma recomenda considerá-lo nulo. Portanto, o atraso térmico da parede (φ) será dado por: $\varphi = 1,382 \cdot 0,2676 \cdot \sqrt{64,19 + 0} \Rightarrow \underline{\varphi = 2,96 \text{ horas}}$

f) Fator de ganho de calor solar

Considerando-se que:

$$R_{se} = 0,04 (m^2.K)/W \text{ (da tabela A.1)} \quad \alpha = 0,97 \text{ (da tabela B.2)} \quad U = 2,29 W/(m^2.K)$$

O fator de ganho de calor solar (FS_o) da parede pode ser calculado pela equação 10: $FS_o = 100 \cdot 2,29 \cdot 0,97 \cdot 0,04 \Rightarrow \underline{FS_o = 8,89 \%}$

De acordo com a NBR 15220-3, a construção se situa na Zona Bioclimática 3; portanto, recomendam-se (paredes pesadas): $U \leq 2,20 W/(m^2.K)$ $\varphi \geq 6,5$ horas $FS_o \leq 3,5 \%$

Dessa forma, o limite máximo de absorvência recomendado pode ser calculado pela equação 11: $\alpha \leq 3,5/(4 \cdot 2,29) \Rightarrow \alpha \leq 0,38$

OBS: Portanto, para se respeitar este limite, de acordo com a tabela B.2, as paredes deveriam ser pintadas de amarelo ($\alpha=0,30$) ou de branco ($\alpha=0,20$). No presente trabalho, as paredes foram pintadas na cor grafite, justamente para evidenciar ao máximo as diferenças de comportamento térmico entre os três materiais (adobe, concreto e cerâmico).

Na tabela 1 é apresentado um resumo dos resultados dos parâmetros calculados, para cada uma das três paredes (adobe, blocos de concreto e bloco cerâmico de 8 furos), para que se possa mais facilmente comparar o desempenho dos três materiais, classificado em superior (S), intermediário (M) e inferior (I).

Tabela 1. Resumo dos parâmetros de desempenho térmico das paredes com os três materiais

PARÂMETROS	MATERIAIS (espessura das paredes)					
	Adobe (17 cm)		Concreto (13 cm)		Cerâmico (13 cm)	
R_t (m ² .K/ W)	0,1609	I	0,1860	M	0,2676	S
R_T (m ² .K/ W)	0,3309	I	0,3560	M	0,4376	S
U (W /m ² .K)	3,02	I	2,81	M	2,29	S
C_T (kJ/m ² .K)	293	S	190	M	116	I
φ (horas)	4,24	S	3,48	M	2,96	I
FS_o (%)	11,7	I	10,90	M	8,89	S

R_t Resistência térmica do componente, de superfície à superfície

R_T Resistência térmica do componente, de ambiente a ambiente

U Transmitância térmica do componente

φ Atraso térmico da parede

C_T Capacidade térmica da parede

FS_o Fator de ganho de calor solar da parede

Desempenho relativo

S Superior

M Intermediário

I Inferior

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pelos resultados apresentados por Porta-Gândara et al (2002) (figuras 1 e 2), poder-se-ia concluir que a parede de adobe é 5 vezes mais isolante térmica que a de blocos de concreto, no entanto, como sua espessura é 2,5 vezes a de concreto, essa vantagem deve ser consideravelmente minorada. Esse fato ajuda a explicar a afirmação dos leigos de que *a casa de terra é muito mais confortável que a de outros materiais*, já que nessa afirmativa não é levado em consideração o fato de que, normalmente, as paredes de terra são muito mais espessas que as produzidas com os materiais convencionais. A seguir, são apresentadas algumas considerações sobre os resultados obtidos com o presente trabalho e que estão resumidos na tabela 1. Considerando-se que as espessuras das camadas de revestimento foram iguais, 2 cm para todas as paredes, os adobes possuíam espessura de 13 cm, 44% maior que a dos blocos de concreto e os blocos cerâmicos, ambos com 9 cm. Portanto, as comparações entre estes dois últimos pode ser direta e entre eles e o adobe devem ser ponderadas.

De acordo com as definições da norma NBR 15220-1 (ABNT, 2005), quanto menor a **resistência térmica** do elemento (R_t ou R_T), maior será sua condutividade térmica.

Considerando-se que é desejável que o componente seja o mais isolante térmico possível, o adobe mostrou-se desvantajoso com relação a este parâmetro, já que sua R_T foi 7,1% inferior à da parede de concreto e 24,4% inferior à da parede de blocos cerâmicos. Considerando-se que a espessura da parede de adobes é maior que as outras duas, esta desvantagem aumenta.

Com relação à **transmitância térmica** do componente (U), como este parâmetro é o inverso de R_T , quanto maior seu valor, maior será a condutividade térmica do componente e é válida a mesma avaliação desvantajosa para o adobe.

Como **capacidade térmica** (C_T) é a quantidade de calor necessária para variar em uma unidade a temperatura de um sistema, pode-se afirmar que quanto maior seu valor, melhor o desempenho térmico do componente (melhor isolante térmico será). Com relação a este parâmetro a parede de adobe se mostrou significativamente vantajosa, com C_T 54,2% superior à da parede de concreto e 152,6% superior à da parede de blocos cerâmicos.

Como **atraso térmico** (ϕ) depende da capacidade térmica do componente é o tempo transcorrido entre uma variação térmica de um meio e sua manifestação na superfície oposta de um componente construtivo, submetido a um regime periódico de transmissão de calor, pode-se afirmar que quanto maior seu valor, melhor seu desempenho térmico. Com relação a este parâmetro a parede de adobe também se mostrou vantajosa, com ϕ 21,8% superior à da parede de concreto e 43,2% superior à da parede de blocos cerâmicos.

Como o **fator de ganho de calor solar** da parede (FS_o) é diretamente proporcional à transmitância térmica, multiplicada por dois coeficientes que não dependem do material (α e R_{SE} , da equação 10), é válida a mesma avaliação desvantajosa para o adobe.

De uma forma global, pode-se afirmar que a parede de adobe avaliada mostrou-se ligeiramente mais vantajosa com relação à maioria dos parâmetros de conforto analisados, já que os parâmetros nos quais ficou em desvantagem (R_b , R_T , U e FS_o) levam em consideração as mesmas variáveis (arranjadas de diferentes formas). A parte experimental do projeto de pesquisa, citado na introdução deste artigo, foi concluída e confirmou-se esta avaliação teórica. Concluindo, cabe salientar que estas vantagens são relativas e, em alguns casos, não muito significativas. Portanto, recomenda-se muita prudência e avaliação científica, antes de afirmar que as paredes de terra são muito superiores, em termos de conforto, que as de outros materiais. Há que ser levada em consideração também a geometria das paredes, principalmente sua espessura.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas (2005). *NBR 15220-1 Desempenho térmico de edificações*. Parte 1: Definições, símbolos e unidades. Rio de Janeiro: ABNT. 8p.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (2005). *NBR 15220-2 Desempenho térmico de edificações*. Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro: ABNT. 32p.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (2005). *NBR 15220-3 Desempenho térmico de edificações*. Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro: ABNT. 30p.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (2005). *NBR 15220-4 Desempenho térmico de edificações*. Parte 4: Medição da resistência térmica e da condutividade térmica pelo princípio da placa quente protegida. Rio de Janeiro: ABNT. 10p.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (2005). *NBR 15220-5 Desempenho térmico de edificações*. Parte 5: Medição da resistência térmica e da condutividade térmica pelo método fluxométrico. Rio de Janeiro: ABNT. 10p.

Battistelle, R. A. G. (2002). *Análise da viabilidade técnica do resíduo de celulose e papel em tijolos de adobe*. São Carlos. 176p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

Faria, O. B. (2002). *Utilização de macrófitas aquáticas na produção de adobe: um estudo de caso no Reservatório de Salto Grande (Americana-SP)*. São Carlos, 200p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. (Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde-10022003-103821/>).

Faria, O. B. (2007). *Utilização de macrófitas aquáticas e sedimento do Reservatório de Salto Grande (Americana-SP) na produção de adobe, visando seu aproveitamento na construção de habitação de interesse social*. Bauru, 345p. Relatório científico final de pesquisa (Processo FAPESP nº 03/12460-4).

Faria, O. B.; Garcia, A. R.; Falavigna, J. P. T.; Ramos, S. C. (2007). Caracterização de adobe, produzido com sedimento lacustre e biomassa de *Eichhornia Crassipes*, e sua utilização na construção de habitação de interesse social mais sustentável In: ATP Seminário Arquitectura de Terra em Portugal, 5., 2007, Aveiro. *Anais...* Aveiro (Portugal): Universidade de Aveiro, 2007. CD-ROM. p.1 - 12

Porta-Gándara, M. A.; Rubio, E.; Fernández, J. L. (2002). Economic feasibility of passive ambient confort in Baja California dwellings. *Building and Environment*. Amsterdam: Elsevier, v. 37, n. 10, p. 993-1001, out. 2002. Disponível em: <http://www.elsevier.com/locat/buildenv>. Acesso em: 05 mar. 2012.

Stulz, R. (2000). *Roofing primer: a catalogue of potential solutions*. St. Gallen (Switzerland): SKAT. 395p.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP, pelo financiamento da pesquisa; aos técnicos do Laboratório de Construção Civil e do Laboratório de Mecânica dos Solos do DEC/FEB-UNESP; e, aos alunos orientados de Trabalho de Graduação, pelo apoio com os ensaios.

AUTORES

Obede Borges Faria: Engenheiro Civil; Mestre em Arquitetura e Urbanismo - Tecnologia do Ambiente Construído; Doutor em Ciências da Engenharia Ambiental; Professor do Departamento de Engenharia Civil (*Faculdade de Engenharia de Bauru*, da UNESP - Universidade Estadual Paulista) e do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, da FAAC/UNESP-Bauru; Membro da Rede Ibero-Americana PROTERRA; Membro da Rede TerraBrasil; Membro de comitês científicos de vários periódicos. Currículo completo em <http://lattes.cnpq.br/2435383614704158>

Eduardo da Silva Pinto: Arquiteto e Urbanista; Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, da FAAC - Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, da UNESP - Universidade Estadual Paulista. Currículo completo em <http://lattes.cnpq.br/5277283648690948>

Célia Neves: Engenheira Civil; Mestre em Engenharia Ambiental Urbana; Coordenadora da Rede TerraBrasil; Coordenadora do Proyecto de Investigación PROTERRA/HABYTED/CYTED, já finalizado; Membro da Rede Ibero-Americana PROTERRA; Consultora; Pesquisadora aposentada do CEPED – Centro de Pesquisas e Desenvolvimento da Universidade do Estado da Bahia. Coordenadora é membros de comitês científicos de congressos e periódicos. Currículo completo em <http://lattes.cnpq.br/4056186394947507>

LOS MATERIALES DE TIERRA: TAPIA Y ADOBE SUS PROPIEDADES TERMICAS Y SU UTILIZACION EN LUGARES DE CLIMA FRIO SECO DE ALTURA. CASO PUNO, PERÚ

María Angélica Guevara Lactayo

Facultad de Arquitectura y Urbanismo - Universidad Ricardo Palma
Av. Benavides 5440, Las Gardenias, Surco, Lima, Perú Teléfono (511) 7080000 – Anx. 1228
mguevaralactayo@yahoo.es

Palabras clave: materiales; propiedades térmicas; clima

Resumen

El proyecto consiste en el estudio teórico de dos materiales de tierra con el propósito de descubrir sus características térmicas y poder utilizarlos no solo como elementos constructivo-estructurales sino como superficies que constituyen el elemento intermedio entre el medio ambiente con un clima específico y el interior de las edificaciones. El estudio se ubica en la ciudad de Puno, situada a 15°52' Latitud Sur, 70°02' Longitud Oeste y altitud 3.827 msnm, su clima presenta temperaturas bajas (14,31°C día, 2,54°C noche) y pertenece al trópico frío, de la sierra del Perú. El proyecto tiene como objetivo realizar el estudio de las propiedades térmicas de dos materiales de tierra, adobe y tapia, definiendo sus características, potencialidades, diferencias y similitudes térmicas, los que se emplearan como muros y constituirán parte de la solución del problema que plantea el clima frio seco de altura, en el diseño de una vivienda en las que se realizan funciones específicas en los espacios arquitectónicos, los que deben alcanzar el confort. La metodología de trabajo se basa en el estudio matemático, con apoyo adicional del software Ecotect, de las propiedades térmicas de los materiales, el análisis del clima frio seco de altura y los requerimientos de las funciones de una vivienda. Se obtendrá de esta forma una edificación con muros eficientes, optimizadas como elemento de cierre y protección, que respondan al clima estudiado y que apoyen la configuración de microclimas internos eficientes, dándole prioridad de esta manera al uso de técnicas de climatización pasiva, económicos y de fácil acceso por el usuario. Es importante propiciar que el arquitecto conozca el comportamiento térmico así como el constructivo estructural de los dos materiales de tierra estudiados lo que le permitirá utilizarlos con eficiencia obteniendo provecho de sus habilidades térmicas para lograr el confort en los espacios arquitectónicos diseñados.

1. INTRODUCCION

Puno, ubicada en el trópico sur, presenta un clima frio seco, con fuerte descenso de la temperatura en la madrugada y precipitación liquida en los meses de enero hasta marzo. El presente trabajo tiene como propósito analizar el comportamiento térmico de dos materiales de tierra y definir qué aspecto del comportamiento del clima de Puno pueden resolver.

Los materiales a utilizarse son propios de la zona, conformaran un sistema de climatización pasiva a partir del uso de los mismos en los muros de las edificaciones. Se estudiará los diferentes espesores para descubrir los que almacenan mejor el calor proveniente del sol resolviendo las etapas del día con temperatura más baja, utilizando el concepto de retardo térmico que, según Gonzalo (2004, p. 155), "... implican la diferencia de tiempo entre los incrementos o decrecimientos de la temperatura de la superficie externa y los cambios correspondientes en la superficie interna".

El sol es una fuente de luz y calor y para este trabajo se utilizará el calor que emite, el que será almacenado en los muros cuyo retardo térmico es importante, logrando que el impacto externo del sol caliente los muros de las edificaciones en el momento que el sol se desplaza para ocultarse, resolviendo las horas de mayor requerimiento de calor, ya que la temperatura desciende al ponerse el sol.

2. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

2.1 Área de estudio

La ciudad de Puno se encuentra a $-15^{\circ}52'$ Latitud Sur y a $-70^{\circ}02'$ Longitud Oeste, con una altitud de 3.827 msnm, ubicándose dentro del trópico sur, una de cuyas características es que recibe el sol de forma muy vertical, por este motivo el calentamiento mayor se da sobre superficies horizontales desde las 10 hasta las 14 horas, disminuyendo antes y después de esta etapa. La radiación solar a su vez presenta valores altos, ya que por su altitud, la atmosfera es más transparente a su paso, el impacto de dicha radiación sobre la superficies externas de las edificaciones será entonces un recurso importante a tener en cuenta para incrementar la temperatura y mejorar el microclima interno de las edificaciones en Puno. Igualmente la sequedad de la atmosfera no permite que el calor proveniente de la radiación se conserve descendiendo la temperatura cuando el sol se pone. Puno presenta un importante masa de agua, que es el Lago Titicaca, que incrementa levemente la humedad, logrando que la temperatura sea más estable tanto en su valor máximo como en el mínimo.

2.2 Características del clima de Puno

La temperatura máxima en Puno se da a las 14:00 h con un valor de $14,31^{\circ}\text{C}$ en promedio a lo largo del año y la mínima se presenta a las 6:00 h con un valor de $2,54^{\circ}\text{C}$ en promedio a lo largo del año. Su temperatura tiene siempre un comportamiento debajo del confort, existiendo una diferencia entre el valor menor del confort y la temperatura máxima de $2,20^{\circ}\text{C}$ en promedio y de $13,95^{\circ}\text{C}$ con la temperatura mínima. La temperatura presenta una oscilación entre la máxima y la mínima de $11,77^{\circ}\text{C}$ en promedio. La humedad se encuentra en el confort todo el día a lo largo del año.

En Puno, la radiación sobre superficie horizontal es mucho mayor que la que incide sobre superficie vertical desde las 9:00 h hasta las 15:00 h, logrando 893 W en el momento que el sol está vertical, para lograr confort se deberá completar el calentamiento de la edificación con la radiación recibida por las superficies E/O cuyo valor más alto lo alcanza a las 8:00 h la Este y a las 16:00 h la Oeste logrando un valor que fluctúa entre 625 W y 421 W.

El viento en Puno proviene del NE y su velocidad promedio es de 2 m/s, que haría descender la temperatura, por lo tanto debe ser reducido en su intensidad a 0,25 m/s.

La precipitación se da en especial en los meses de noviembre, diciembre, enero y febrero y en las épocas frías esta precipitación se reduce.

Al analizar el confort interno de la edificación utilizando el ábaco psicométrico de Givoni, considerando una actividad sedentaria y un aislamiento por ropa no muy recargado, se evidencia que es muy importante la ganancia de calor de día y el aislamiento nocturno para evitar la pérdida y conseguir acercarse al confort. Se puede observar además que con el uso de masa térmica se lograra el confort con 11°C de temperatura, resolviendo el problema de la temperatura media durante los meses de octubre, noviembre y diciembre.

2.3 Características térmicas de los materiales: adobe y tapia

2.3.1. Adobe

El adobe es un bloque de barro que se coloca en moldes y son secados posteriormente al aire, las medidas más comunes son 38 cm x 38 cm x 8 cm o 40 cm x 20 cm x 10 cm (Minke, 2005).

El adobe desde el punto de vista térmico es capaz de acumular calor del sol en su masa durante el día y liberarlo durante la noche, permitiendo que la temperatura reduzca su oscilación. El espesor asignado al muro será determinante para lograr un desempeño eficiente cuando la temperatura presenta mucha oscilación (Sotta, 2007). La capacidad térmica de los materiales de tierra, según Minke (2005), depende de la densidad del material y del contenido de humedad que puede tener. Para la fabricación del adobe, la tierra debe

tener la siguiente composición: arcilla 10-20%, limo 15-25% y arena 55-70%; evitar la tierra de cultivo, sin material vegetal e impurezas orgánicas (Norma E 080, 2006).

Los muros de adobe deben recibir un tarrajeo final que puede ser de tierra, cal, tierra estabilizado con cal. Estos tarrajesos son flexibles, no se quiebran con facilidad ya que el adobe puede expandirse y contraerse debido a cargas térmicas. Evitar el tarrajeo de cemento que carece de flexibilidad, crea fisuras que hacen del adobe un material más expuesto a la humedad (Minke, 2005).

- **Coeficiente de transmisión térmica,**

El adobe es un material homogéneo por lo tanto la propagación del calor puede ser uniforme. Al ser el adobe un material artesanal, los componentes de la materia sólida no tienen una dimensión fija, como no se compacta existen poros entre los elementos sólidos de tamaño diverso, eventualmente podría haber humedad ya que el adobe puede absorberla del medio ambiente. Estas características hacen que el adobe demore en propagar el calor. Si la tierra se mezcla con fibras vegetales, el coeficiente de transmisión térmica puede ser dos o tres veces menor que el de otros materiales macizos como el hormigón. Según Evans (2007) este puede ser de 0,50 W/m×K.

- **Calor específico**

Define la capacidad de acumulación de calor de este material. Su valor es de 0,84 kJ/kg×K (Evans, 2007)

- **Densidad**

La densidad modifica el coeficiente de transmisión térmica: más denso, transmisión más rápida; menos denso, transmisión más lenta (Minke, 2005). Al ser el adobe un material más artesanal los valores pueden ser varios (tabla 1).

Tabla 1. Densidad del adobe

Densidad (kg/m ³)	Fuente
1.900	Evans, 2007
1.680	(Méndez et al, 2008)
1.790	(Méndez et al, 2008)
1.960	(Méndez et al, 2008)

- **Retardo térmico**

El retardo térmico es la "... diferencia de tiempo entre los incrementos o decrecimientos de la temperatura de la superficie externa y los cambios correspondientes en la superficie interna" (Gonzalo, 2003, p. 155). Depende directamente del espesor del muro e inversamente de la difusidad, la que depende directamente de la conductividad térmica e inversamente del calor específico y de la densidad del material (tabla 2).

Tabla 2. Retardo térmico del adobe

Espesor del muro(m)	Situación	Retardo térmico (h)	Fuente
0,15		4,4	Evans, 2007
0,20	Ext - Int	7	Arias et al, 2007
0,20	Int- Ext	7,42	Arias et al, 2007
0,30	Ext - Int	8,95	Arias et al, 2007
0,30	Int- Ext	9,09	Arias et al, 2007
0,30		8,00	Evans, 2007

- **Transmitancia térmica**

Según Gonzalo (2003), la transmitancia térmica está en función de la conductividad y el espesor de los materiales que componen un elemento constructivo y mide la cantidad de calor que transmite el aire de un lado al aire del otro lado (tabla 3).

Tabla 3. Transmitancia térmica.

Espesor del muro (m)	Transmitancia térmica ($W/m^2 \times K$)	Fuente
0,15	2,89	Evans, 2007
0,20	1,05	IRAM N°11.605, 1996
0,30	2,16	Evans, 2007
0,30	1,37	IRAM N°11.605, 1996

- **Contenido de humedad**

El adobe tiene la propiedad de absorber y de sorber la humedad ambiental. Esta habilidad puede modificar su comportamiento térmico ya que podría actuar sobre la temperatura que recibe a través de la radiación solar.

Según Méndez et al (2008), el contenido de humedad del adobe varía entre 2,19% a 3,27% y el límite de humedad varía igualmente entre 19,0% y 22,2%.

- **Admitancia**

"El material tiene capacidad de absorber, retener y restituir calor al interior cuando la temperatura oscila" (Evans, 2007, p. 10). Varía según el espesor: para un adobe de 15 cm de espesor, la admitancia es de $4,5 W/m^2 \times K$; para un adobe de más de 30 cm de espesor, la admitancia será $4,7 W/m^2 \times K$ (Evans, 2007).

2.3.2. Tapia

La tapia es un sistema constructivo de tierra. La técnica implica un encofrado que se desliza, tierra y un pisón para compactarla. En comparación con el adobe presenta menor retracción, mayor resistencia y es más monolítica (Minke, 2005). Su composición es similar al adobe tiene aditivos como la paja, crin de caballo para estabilizarlo o piedras pequeñas para hacerlo más resistente. A la tierra que se utilice se le debe añadir áridos para hacerla más maleable y agregarle cal para mejorar sus propiedades hidrófugas y mejorar su resistencia (Pérez, 2011).

Los muros de tapia no necesitan tarrajearse, es suficiente con alisar la superficie cuando esta húmeda la pared, pudiendo aplicarse luego pintura de cal como protección para la erosión de la lluvia y debe ser aplicada en 3 capas, la primera aguada con el propósito de lograr que penetre en el muro 2 mm a 3 mm (Minke, 2005). La espesor de la tapia es diversa dependerá del usuario.

La tapia igual que el adobe es capaz de acumular calor del sol durante el día y liberarlo durante la noche, permitiendo que la temperatura reduzca su oscilación. Su capacidad térmica igualmente dependerá de la densidad del material y del contenido de humedad que puede tener, puede así mismo la tierra que lo constituye provenir de suelos diferentes generando diferencias.

- **Coeficiente de transmisión térmica**

La tapia es un material homogéneo por lo tanto la propagación del calor puede ser uniforme. Es un material artesanal igual que el adobe y por lo tanto los componentes de la materia sólida no tiene una dimensión fija, sin embargo este material se compacta y por lo tanto debe tener menos poros, si puede absorber humedad al igual que el adobe. Su valor varía entre $0,625 W/m \times K$ y $0,700 W/m \times K$ (Freire, 1998).

- **Densidad**

Según Freire (1998), la densidad de la tapia es de 1.600 kg/m³.

- **Calor específico**

Según Freire (1998), el valor del calor específico para la tapia es de 920 J/kg×°C.

3. EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO TÉRMICO DE LOS MATERIALES EN UNA EDIFICACIÓN ESPECÍFICA

Para realizar la evaluación del comportamiento térmico de los materiales, se consideró una habitación tipo de 3,00 m de longitud por 2,50 m de ancho y 2,40 m de altura, orientada en su lado más largo hacia el oeste con dos ventanas de 1,20 m de largo por 0,40 m de ancho en el lado oeste y una ventana de 0,40 m de alto por 1,20 m de largo ubicada en el muro este. Se consideró además un techo y piso aislante de manera que el trabajo colectar el calor sea de los muros. Esta habitación es un dormitorio cuyo uso es principalmente nocturno, por este motivo se orienta la cara más larga al oeste con el fin de captar la radiación de la tarde a lo largo del año y la temperatura debe estar en confort en el momento de su uso, el usuario es una persona que descansa por lo tanto produce muy poco calor, no hace uso de equipo ni luz artificial que producen calor.

3.1. Evaluación en función a su espesor

3.1.1. Evaluación del adobe

Se calculó la temperatura radiante interna utilizando el software Ecotect.

Para lograr un buen resultado se consideraron los valores menores de densidad (1680 kg/m³), calor específico (840 J/kg×K) y conductividad (0,500 W/m×°C), el software calculo el valor U para cada espesor evaluado. Para un espesor de 0,30 m el valor U es 1190 W/m²×K, admitancia 4290 W/m²×K, absorción solar 0,428 y retardo térmico 9 h.

Se considera un ser humano con 1 clo de aislamiento térmico, la humedad interna es de 44,5%, la velocidad del aire interna 0,70 m/seg, se consideró además una persona como ocupante con una actividad sedentaria 70 W/h/pers, 0,50 cambios por hora, una ganancia sensible de 6 y latente de 3.

Para el cálculo inicial se tomaron en cuenta dos momentos del año, el de la temperatura mas baja en 15 de julio y el de la temperatura mas alta en 19 de noviembre, posteriormente solo se analiza la etapa fria.

- **Muro de adobe de 0,30 m de espesor en el dia mas frio (el 15 de julio de 2013)**

La temperatura exterior es inestable y la temperatura interior es mas estable, hay una diferencia entre el valor mayor y el menor de esta de 1,7°C. La temperatura exterior tiene su valor menor a las 5:00 h con -4,6°C, la temperatura interior a las 5:00 h y 6:00 h presenta un valor de 5,4°C, hay una diferencia de 10° C entre ambas. La mayor temperatura exterior se da a las 13:00 h con un valor igual a 8,8°C y la temperatura interior toma su valor mas alto entre las 15:00 y 16:00 h con un valor de 7,1°C, hay un desfase de dos horas entre estos valores la diferencia entre ambas es igual a 1,7°C, La temperatura interna está fuera del confort y la diferencia con el valor menor del confort es igual a 9,4°C en la etapa de mas frio y 11,1°C en la etapa de mas temperatura, por lo tanto el adobe es eficiente conservando el calor por varias horas, impidiendo su perdida y logrando que la temperatura tenga un valor muy estable a lo largo del dia, reduce a su vez el ingreso de calor en el momento que la temperatura externa sube.

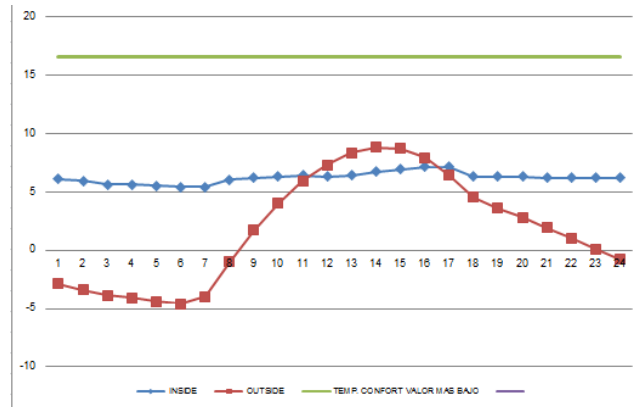


Figura 1 – Cálculo de temperatura interna día más frio en Puno, Perú (15 julio de 2103)

• **Muro de adobe de 0,30 m de espesor en el día más caliente (el 19 de noviembre de 2013)**

La temperatura interior es estable hay una diferencia entre el valor mayor y el menor de 2,5°C. La temperatura exterior tiene su valor menor a las 4:00 h con 3,3°C; la temperatura interior a las 4:00 h con un valor de 12,4°C, hay una diferencia de 9,1°C entre ambas. La mayor temperatura exterior se da a las 13:00 h con un valor igual a 19,7°C y la temperatura interior toma su valor mas alto a las 15:00 h con 14,9°C. Hay un desfase de 2 horas entre estos valores y la diferencia entre ambas es igual a 4,8°C; la temperatura interna esta fuera del confort pero se acerca a él, la diferencia con el valor menor del confort es igual a 4,1°C en el momento de la temperatura mas baja y 1,6°C cuando la temperatura toma su mayor valor, por lo tanto el adobe es eficiente conservando el calor y reduciendo el ingreso del mismo en esta etapa.

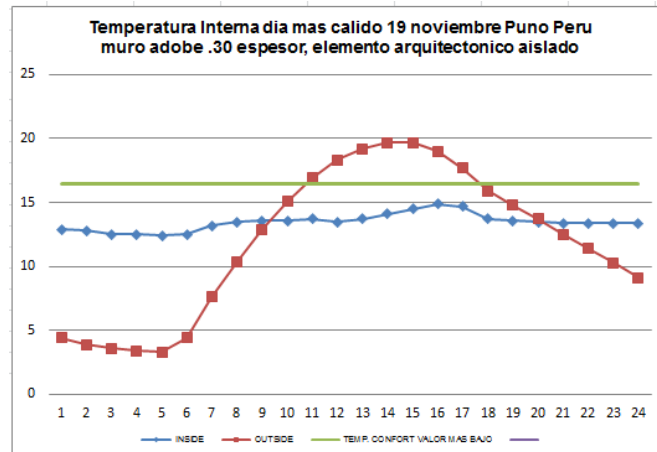


Figura 2 – Cálculo de temperatura interna día más caliente en Puno, Perú – (19 noviembre de 2013),

• **Muro de adobe de 0,40 m, 0,50m y 0,60 m en el dia mas frio (15 julio de 2013)**

El valor U se modificara en función al espesor. Para el muro de 0,40 m el valor U sera de 0,960 W/m²×°C, para el muro de 0,50 m será de 0,810 W/m²×°C y para el muro de 0,60 m será de 0,690 W/m²×°C.

Al incrementarse el espesor hay una leve disminución de la temperatura interna (0,1°C) hasta las 3:00 h, a partir de esa hora hasta las 6:00 h la temperatura permanece sin cambio, luego se produce un incremento de 1,6°C hasta las 15:00 h, en que se inicia un descenso leve de 1,3°C hasta las 23:00 h. La temperatura permanece igualmente muy estable y se controla mejor la perdida de calor que el ingreso del mismo.

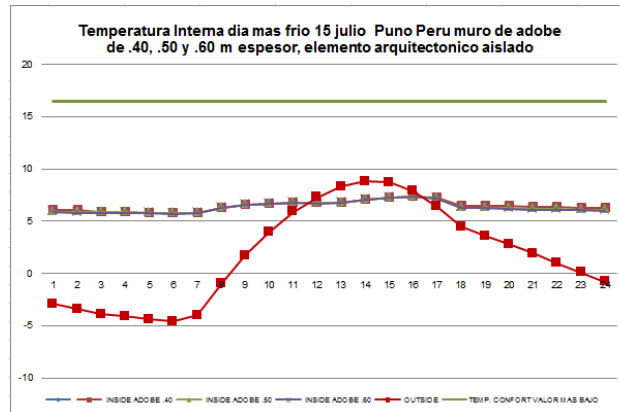


Figura 3. Cálculo de temperatura interna para muros de adobe de espesor diverso en día más frio 15 julio de 2013 en Puno, Perú

3.1.2. Evaluación de la tapia

Se calculó la temperatura radiante interna utilizando el software Ecotect.

Para lograr un buen resultado se consideraron los valores menores de densidad (1600 kg/m^3), calor específico ($920 \text{ J/kg}\times^{\circ}\text{C}$) y conductividad ($0,700 \text{ W/m}\times^{\circ}\text{C}$), el software calculo el valor U para cada espesor evaluado.

Se tomaron en cuenta dos momentos del año, el de la temperatura más baja 15 de julio de 2013 y el de la temperatura más alta 19 de noviembre de 2013.

- **Muro de tapia de 0,40 m de espesor en el día más frio (15 de julio de 2013)**

Para un espesor de 0,40 m el valor U es de $1.240 \text{ W/m}^2\times^{\circ}\text{C}$

La temperatura interior es estable hay una diferencia entre el valor mayor y el menor de $1,3^{\circ}\text{C}$; la temperatura exterior tiene su valor menor a las 5:00 h con $-4,6^{\circ}\text{C}$; la temperatura interior conserva la misma temperatura desde la 1:00 h hasta las 6:00 h con un valor de $8,8^{\circ}\text{C}$, hay una diferencia de $13,4^{\circ}\text{C}$ entre ambas. La mayor temperatura exterior se da a las 13:00 h con un valor igual a $8,8^{\circ}\text{C}$ y la temperatura interior toma su valor mas alto a las 15:00 h con un valor de $10,1^{\circ}\text{C}$, hay un desfase de 2 horas entre estos valores, el comportamiento de la temperatura interior esta por encima de la temperatura exterior; la temperatura interna esta debajo del confort y la diferencia con el valor menor del confort es de $7,7^{\circ}\text{C}$ en la etapa de más frio y $6,4^{\circ}\text{C}$ en la etapa de más calor. La tapia es más eficiente que el adobe conservando el calor a todas horas en esta época.

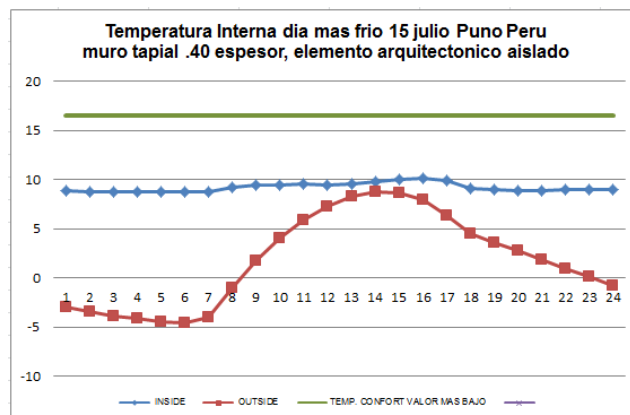


Figura 4. Cálculo de temperatura interna para muro de tapia de 0,40m de espesor en día más frio (15 julio) en Puno, Perú

• **Muro de tapia de 0,40 m de espesor en el dia mas caliente (el 19 de noviembre de 2013)**

La temperatura interior es estable hay una diferencia entre el valor mayor y el menor de 1,7°C; la temperatura exterior tiene su valor menor a las 4:00 h con 3,3°C; la temperatura interior conserva la misma temperatura desde la 1:00 h hasta las 3:00 h con un valor de 15,7°C, hay una diferencia de 12,4°C entre ambas. La temperatura interior se acerca al confort. La mayor temperatura exterior se da a las 13:00 h con un valor igual a 19,7°C y la temperatura interior toma su valor mas alto a las 14:00 h con un valor de 17,4°C; hay un desfase de una hora entre estos valores. La temperatura interna esta en confort la mayor parte de las horas, en este caso la tapia es eficiente conservando el calor a todas horas y reduciendo el ingreso del calor desde la 10:00 h hasta las 16:00 h.

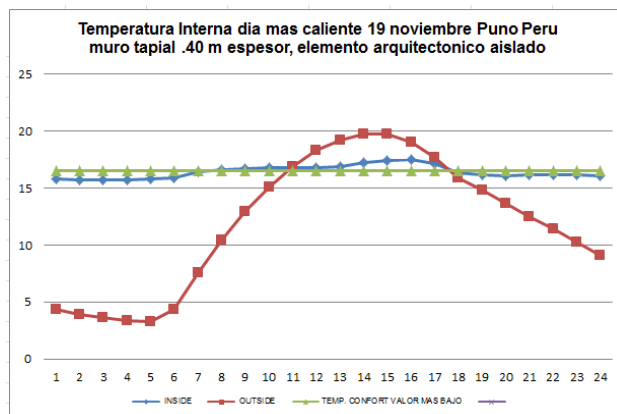


Figura 5. Cálculo de temperatura interna para muro de tapia de 0,40m de espesor en día más caliente (19 noviembre de 2013) en Puno, Perú

• **Muro de tapia de 0,50m y 0,60 m en el dia mas frio (15 julio de 2013)**

La temperatura interna disminuye 0,1°C a medida que se va incrementando el espesor, es estable con una diferencia entre su valor mayor y menor de 1,4°C, ambas temperaturas se encuentran encima de la temperatura externa pero debajo de la temperatura confort con una diferencia de 8°C y 6,5°C.

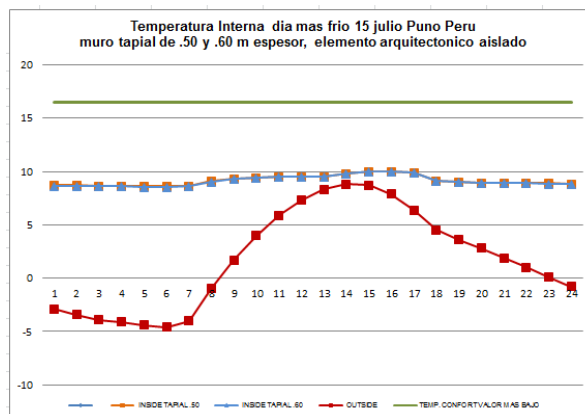


Figura 6 – Cálculo de temperatura interna para muro de tapia de 0,50 m y 0,60 m de espesor en día más frio (15 julio de 2013) en Puno, Perú

3.2. Evaluación en función a la edificación y su acercamiento a otras edificaciones

3.2.1. Edificación con dos volúmenes adyacentes

Se consideran dos volúmenes adyacentes al N y S de la edificación y se estudia solo la etapa en la que la temperatura tiene su valor menor:

• **Muro de adobe de 0,30 m de espesor en el día mas frio (el 15 de julio)**

La temperatura interna se incrementa en 1,5°C a las 5:00 h y 1,3°C a las 15:00 h, respecto a la temperatura del volumen aislado, la diferencia con la temperatura externa a las 5:00 h es de 11,4°C y de 0,5°C a las 15:00 h. La temperatura interna tiene una diferencia con el menor valor de temperatura en confort de 9,5°C a las 4:00 h y de 8,1°C a las 15:00 h. La temperatura se mantiene estable con una diferencia de 1,5°C grados entre el valor menor y el mayor.

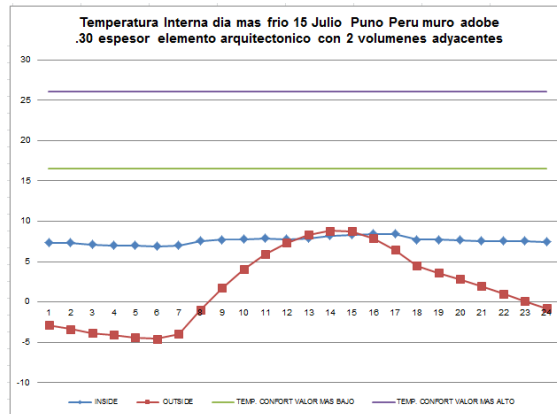


Figura 7. Cálculo de temperatura interna para muro de adobe de 0,30 m de espesor en día más frio (15 julio) en Puno, Perú con 2 volúmenes adyacentes

• **Muro de tapia de 0,40 m de espesor en el día mas frio (15 de julio)**

La temperatura interna se incrementa en 3,9°C a las 5:00 h y 4°C a las 15:00 h, respecto a la temperatura del volumen aislado, la diferencia con la temperatura externa a las 5:00 h es de 17,3°C y de 6,2°C a las 15:00 h. La temperatura interna aun esta fuera del confort y tiene una diferencia con el menor valor de temperatura en confort de 3,8°C a las 5:00 h y de 2,4°C a las 15:00 h. La temperatura se mantiene estable con una diferencia de 1,4°C entre el valor menor y el mayor

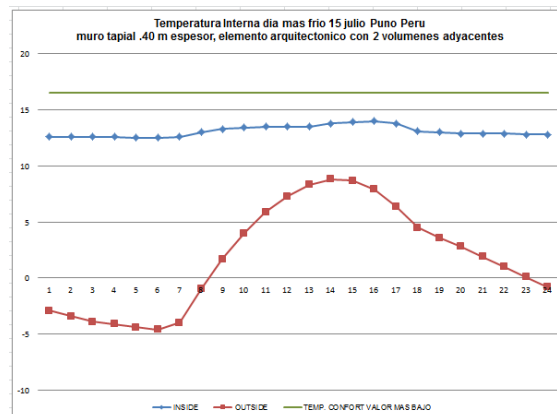


Figura 8. Cálculo de temperatura interna para muro de tapia de 0,40 m de espesor en día más frio (15 julio) en Puno, Perú con 2 volúmenes adyacentes

3.2.2. Edificación con 3 volúmenes adyacentes

Si se considera 3 volúmenes adyacentes al N, S y E de la edificación el valor de la temperatura se modifica:

• **Muro de adobe de 0,30 m de espesor en el día mas frio (el 15 de julio)**

La temperatura interna se incrementa en 4,3°C a las 5:00 h y 4°C a las 15:00 h, respecto a la temperatura del volumen aislado, la diferencia con la temperatura externa a las 4:00 h es de 14,2°C y de 3,2°C a las 15:00 h. La temperatura interna tiene una diferencia con el menor

valor de temperatura en confort de 6,8°C a las 5:00 h y de 5,4°C a las 15:00 h. La temperatura se mantiene estable con una diferencia de 1,3°C entre el valor menor y el mayor.

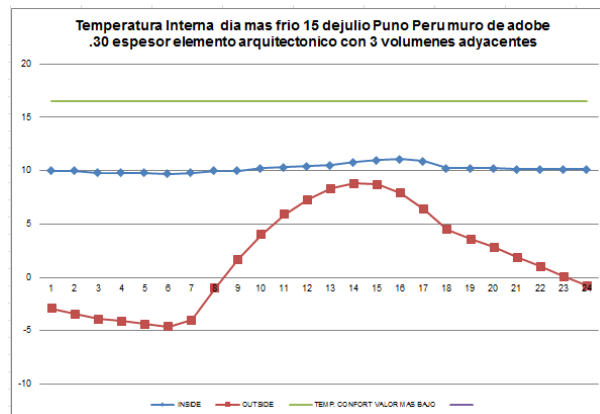


Figura 9. Cálculo de temperatura interna para muro de adobe de 0,30 m de espesor en día más frío (15 julio) en Puno, Perú con 3 volúmenes adyacentes

• **Muro de tapia de 0,40 m de espesor en el día mas frio (el 15 de julio)**

La temperatura interna se incrementa en 8,9°C a las 5:00 h y a las 15:00 h, respecto a la temperatura del volumen aislado, la diferencia con la temperatura externa a las 4:00 h es de 22,3°C y de 11,1°C a las 15:00 h. La temperatura interna está en confort y se mantiene estable con una diferencia de 1,3°C entre el valor menor y el mayor.

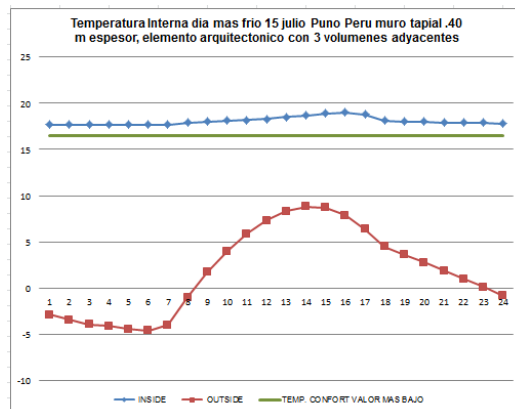


Figura 10. Cálculo de temperatura interna para muro de tapia de 0,40 m de espesor en día más frío (15 julio) en Puno, Perú con 3 volúmenes adyacentes

4. CONCLUSIONES

- El adobe estabiliza el comportamiento de la temperatura interna permitiendo diferencias de 1,7°C a 1,6°C entre el valor más alto y el menor que se presentan en un ambiente arquitectónico tipo, siendo menor la diferencia cuando el adobe incrementa su espesor.
- La tapia estabiliza el comportamiento de la temperatura interna permitiendo diferencias de 1,3°C a 1,4°C entre el valor más alto y el menor que se presentan en un ambiente arquitectónico tipo, siendo menor la diferencia cuando la tapia incrementa su espesor.
- El adobe de diversos espesores es eficiente para evitar la pérdida de calor en un ambiente arquitectónico tipo, conservando la temperatura interna con el mismo valor durante 19 horas.

- La tapia para el mismo espesor es más eficiente que el adobe conservando el calor del espacio interno a lo largo del día, logrando una temperatura 3,5°C mayor que la que logra el adobe.
- La tapia para todos los espesores logra una temperatura interna cuyo valor está por encima de la temperatura externa.
- El adobe en todos sus espesores logra impedir el ingreso de calor cuando la temperatura exterior es más alta
- El incremento del espesor tanto del adobe como de la tapia reduce ligeramente la temperatura interna alejándose del confort.
- Utilizados en una edificación aislada ni el adobe ni la tapia permiten llegar al confort, es indispensable anexar otras edificaciones.
- El adobe no llega al confort al anexar más edificaciones siendo necesario un sistema adicional de calentamiento.
- La tapia con dos edificaciones anexas se acerca al confort y con tres llega al confort siendo térmicamente más eficiente que el adobe.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Arias, L.; Latina, S.; Alderete C.; Mellace R.; Sosa M.; Ferreyra, I. (2007). Comportamiento térmico de muros de tierra en Tucumán, Argentina. Disponible en http://fci.uib.es/digitalAssets/177/177906_4.pdf, acceso en 1/06/2014
- Evans, J. M. (2007). Actualización de la construcción con tierra. En: Construcción con Tierra 3. Buenos Aires: CIHEIAA-SI-FADU-UBA. p. 7-15. Disponible en: <http://comuni.wikispaces.com/file/view/Construcci%C3%B3n+con+Tierra+3-FADU+UBA,+2007.pdf>, acceso en 1/06/2014
- Freire, M. J. T. (1998). Construcciones de tapia en las tierras de Lemos. Disponible en: http://gilbert.aq.upm.es/sedhc/biblioteca_digital/Congresos/CNHC2/CNHC2_026.pdf, acceso en 1/06/2014
- Gonzalo, G. E. (2003). *Manual de arquitectura bioclimática*. Buenos Aires, Argentina: Nobuko, 468 p.
- Méndez, M. T.; Vásquez, G.; Corasao, I.; Guevara, M. A.; Camargo, J.; Mendiola, E. (2008) Prototipo de comunidad saludable para áreas rurales del Perú: Distrito de Chíncha Baja, Ica. En TerraBrasil 2008, São Luis do Maranhão: Rede TerraBrasil. 1 CD-ROM
- Minke, G. (2005). Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra. Disponible en: http://www.itacanet.org/esp/construccion/Construccion_tierra.pdf, acceso en 1/06/2014
- Norma E.080 (2006). Adobe. En: Normas Legales, El Peruano, 10 de junio de 2006. Disponible en <http://blog.pucp.edu.pe/media/688/20071206-E-080-Adobe.pdf>, acceso en 01/06/2014
- Norma IRAM 11.605 (1996). Acondicionamiento térmico de edificio. Condiciones de habitabilidad de las viviendas. Buenos Aires: Instituto Argentino de Normalización
- Pérez, L. P. (2011). Materiales ecológicos para la construcción de viviendas. Monografía – Facultad de Ingeniería, Universidad Veracruzana. Disponible en: <http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/30368/1/PerezPolito.pdf>, acceso en 1/06/2014
- Sotta, F. B. (2007). El espesor del muro de adobe, Optimización de sus facultades térmicas. Disponible en:

<http://www.javeriana.edu.co/arquidis/deparq/documents/Elespesordelmurodeadobe.pdf>, acceso en 1/06/2014

AUTORA

María Angélica Guevara Lactayo, Arquitecta, Universidad Nacional de Ingeniería UNI. Maestría en Diseño Arquitectónico Universidad Nacional de Ingeniería UNI, Docente Facultad de Arquitectura-Universidad Ricardo Palma. Lima, Perú. Jefe del Laboratorio de Cómputo de la FAU-URP. Profesora de los cursos Acondicionamiento Ambiental I y Acondicionamiento Ambiental II.

AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO ACÚSTICO EM RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR CONSTRUÍDA COM TIJOLOS DE SOLO-CIMENTO, SEGUINDO A NORMA NBR 15.575:2013

João Carlos C. de V. Leite¹; Stelamaris Rolla Bertoli²

1 Arquiteto – Estudante Especial da Pós Graduação da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP - Campinas – SP - arqjoni@hotmail.com

2 Professora - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP – Campinas – SP - rolla@fec.unicamp.br

Palavras-chave: Solo-cimento, acústica, NBR 15.575:2013, desempenho.

Resumo

Ruído urbano é um fenômeno resultante do crescimento dos grandes centros. Considerado mundialmente como um dos maiores problemas de poluição ambiental, pode causar doenças na população em decorrência de exposição prolongada a elevados níveis de pressão sonora. O desempenho acústico no ambiente construído é assunto pouco discutido se comparado a outros aspectos de desempenho das habitações no Brasil. Poucos usuários de habitações sabem como avaliar e melhorar o desempenho e o conforto acústico, e na fase de projeto da edificação é o melhor momento para isso. Com a vigência da Norma NBR 15.575:2013 - Edificações Habitacionais – Desempenho, as habitações passaram a ter um padrão mínimo de requisito de desempenho em vários aspectos, dentre eles o desempenho acústico. O objetivo deste trabalho foi verificar se o desempenho acústico de uma habitação unifamiliar construída em Campinas com a tecnologia de tijolos de solo-cimento, não usual e pouco avaliada, atende aos requisitos acústicos da norma NBR 15.575. Para isso, realizaram-se medições de isolamento sonoro aéreo em campo, avaliaram-se sistemas verticais externos (fachadas) e internos. Aplicaram-se critérios e métodos da norma NBR 15.575:2013 e normas ISO 354:2003; ISO 140-4:1998; ISO 140-5:1998 e ISO 717-1:1996. Os resultados de isolamento sonoro foram analisados e comparados com os critérios definidos pela NBR 15.575 e também com padrões europeus. Compararam-se os resultados de isolamento sonoro de paredes construídas com tijolos de solo-cimento com os resultados de isolamento sonoro de paredes executadas com tijolos cerâmicos. Constatou-se que, além de estar dentro das exigências de desempenho acústico mínimo da NBR 15.575:2013 este sistema construtivo mostra desempenho acústico superior aos de outros materiais convencionais e com potencialidade de melhoria. Este sistema construtivo, além de uma solução ecologicamente menos impactante, apresenta-se como uma opção interessante para atender aos requisitos acústicos da norma NBR 15.575:2013.

1. INTRODUÇÃO

O ruído ambiental nos centros urbanos sempre foi um importante problema para o homem. Na Roma antiga, por exemplo, existiam regras para sanar o ruído emitido pelo atrito das rodas de metal de carruagens nas pedras do calçamento, causando perturbação do sono e irritação aos cidadãos romanos. No entanto, os problemas de ruído do passado são incomparáveis com os da sociedade moderna. Um intenso tráfego de veículos e caminhões fortemente carregados, com motores a diesel e escapamentos mal silenciados, atravessa regularmente as nossas cidades, circulando nas vias e rodovias, dia e noite. Acrescentando ao ruído de tráfego, entre outros ruídos, o de fábricas, construção civil, aviões e trens, tem-se a poluição sonora como um grande fator de risco a saúde da população, principalmente quando há exposição prolongada a altos níveis de pressão sonora (WHO, 1999)

Em comparação com outros poluentes, o controle do ruído ambiental tem sido dificultado pelo insuficiente conhecimento dos seus efeitos, assim como uma falta de definição de critérios. Nos países em desenvolvimento a exposição ao ruído pode ser muitas vezes maior, devido ao planejamento e desempenho inadequados das construções de edificações (WHO, 1999)

Nesta perspectiva, ações práticas são essenciais para limitar e controlar a exposição ao ruído ambiental. Um quadro mundial de mudanças e transformações vem ocorrendo nas sociedades modernas, influenciando o futuro das gerações. As mudanças abrangeram a organização social, os modelos econômicos, o desenvolvimento tecnológico, o aproveitamento racional dos recursos naturais e o respeito ao meio ambiente (CBIC, 2013). Os primeiros textos sobre desempenho de edificações foram produzidos no Brasil na década passada. No entanto, a primeira edição de uma norma brasileira de desempenho foi lançada em 2008, com previsão de entrada em vigor em 2010. Inúmeras discussões sobre os vários aspectos de desempenho levaram a revisão da norma. A versão atual da norma NBR 15575 – Edificações Habitacionais – Desempenho foi aprovada em 19 de fevereiro de 2013 e entrou em vigor em 19 de julho de 2013.

Revisada, ampliada e adaptada ao contexto atual brasileiro, a norma NBR15575:2013 representa um avanço significativo em direção à melhoria do atendimento aos requisitos básicos de desempenho de uma edificação habitacional e de uma conscientização dos usuários, construtores e projetistas da necessidade de buscar sempre o aperfeiçoamento para a melhoria da relação entre o custo e a qualidade das habitações.

Frequentemente o projeto de edificações relega a um segundo plano as questões de conforto que passam a ser notadas e citadas, geralmente pelos seus usuários, somente depois de ocupadas. Infelizmente, depois de prontas, pode ficar dispendioso, difícil ou impossível alcançar as características de conforto não previstas em projeto e que deveriam propiciar condições mínimas de habitabilidade. Atualmente, o conforto acústico tem sido cada dia mais exigido pelos usuários, embora a maioria deles não saiba como avaliar esse tipo de conforto. O isolamento acústico inadequado de residências e locais de trabalho gera uma sensação de desconforto acústico. Por ser considerado por alguns como um conceito de caráter subjetivo, fica muitas vezes difícil de traduzir o conforto acústico em parâmetros objetivos, ou seja, mensuráveis (Neto; Bertoli, 2008).

Este estudo visa contribuir fornecendo dados sobre o desempenho acústico de superfícies verticais de fechamentos internos e externos de um sistema construtivo empregado na construção de edificações habitacionais. Para isso, avaliou-se o desempenho acústico de uma residência unifamiliar recentemente construída e ocupada, situada em um condomínio residencial em Campinas. Seguindo a tendência de buscar novas tecnologias ecologicamente menos impactantes, utilizaram-se para a alvenaria desta construção, tijolos de solo-cimento (mistura compactada de solo com cimento), também conhecido como tijolo modular ou ecológico. O aspecto ecológico está relacionado ao uso de menos energia no seu processo produtivo, por não ser cozido em fornos, o que consumiria madeira e geraria CO₂, gás que contribui para o efeito estufa.

O desempenho acústico do sistema construtivo empregando tijolos de solo-cimento foi pouco estudado, por isso a relevância desta pesquisa. O objetivo deste trabalho é apresentar o desempenho acústico, levantado em campo, de paredes e fachadas de uma edificação habitacional que utilizou um sistema construtivo à base de solo-cimento e verificar o atendimento aos critérios de desempenho previstos na Norma NBR 15575:2013.

2. OBJETO DO ESTUDO

A edificação unifamiliar, objeto do estudo, é um sobrado construído em um condomínio residencial em Campinas. Buscando por soluções que trouxessem economia e racionalização do processo construtivo, com redução de desperdício e da mão de obra, optou-se pelo sistema construtivo de tijolos modulares de solo-cimento. Esses tijolos são menos impactantes ao meio ambiente por não serem produzidos em fornos e sim com uma mistura compactada de solo com cimento. Este sistema dispensa o uso de argamassa para assentamento uma vez que os tijolos são modulares, encaixados, colados e grauteados.

A construção com terra é uma das primeiras soluções encontradas pelo homem primitivo para confecção de abrigos eficientes contra a hostilidade do meio ambiente, em locais que apresentavam dificuldades no manuseio de pedras e madeira (Cytryn, 1957 apud Grande, 2003).

O desenvolvimento da técnica de construção com terra iniciou uma nova era na forma de habitar, até então fixadas nas proximidades de cavernas. Há evidências arqueológicas de uso de blocos de terra secos ao sol no final do período neolítico. Também, na região do Irã, encontram-se construções com adobe que datam de aproximadamente 4.000 a.C., entre outras (Cunha, 1978 apud Grande, 2003).

No continente americano, ruínas revelam o uso do solo como material de construção em grande escala no Peru, México e sudeste dos Estados Unidos. No Brasil, construções de terra predominam em sua arquitetura colonial (Neves, 1978 apud Cabala, 2007).

Para melhorar as propriedades do solo pode-se recorrer a diversos processos de estabilização, dentre eles se destaca o uso de cimento Portland comum, o que resulta no material chamado de solo-cimento. Inicialmente muito utilizado para base em pavimentações de estradas, posteriormente passou a ter aplicação em paredes de vedação (Neves, 1978 apud Cabala, 2007).

A partir do início dos anos 60 o solo-cimento passa a ser mais utilizado no mundo e, no Brasil, a partir dos anos 70 verificou-se um maior interesse e pesquisa desta tecnologia, principalmente pela Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), Centro de Pesquisas e Desenvolvimento do Estado da Bahia (CEPED) e Instituto de Pesquisas tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT) (Mercado, 1990 apud Cabala, 2007)

O uso do solo-cimento para a confecção de blocos foi desenvolvido pelo Centro Interamericano de Vivienda y Planejamento (CINVA) que criou uma prensa manual para compactação em 1961, chamada prensa CINVA-RAM. No Brasil, o IPT foi o responsável pelos primeiros experimentos com prensas, no final dos anos 70 (IPT 1977a, 1977b e 1978 apud Grande, 2003)

Os tijolos de solo-cimento utilizados na construção estudada foram produzidos em uma prensa hidráulica automática, seguindo todas as recomendações da norma ABNT NBR 10833:2012 – Fabricação de tijolos e blocos de solo-cimento com utilização de prensa manual ou hidráulica – procedimento. Suas dimensões são de 30 cm de comprimento, 15 cm de largura e 7,5 cm de altura, com duas furações de 9 cm de diâmetro. Seu peso em estado natural é de aproximadamente 5 kg e seu volume é de 2.420 cm³. Na figura 1, apresenta-se em (1a) a foto do tijolo de solo-cimento utilizado e em (1b) suas dimensões, em centímetros.

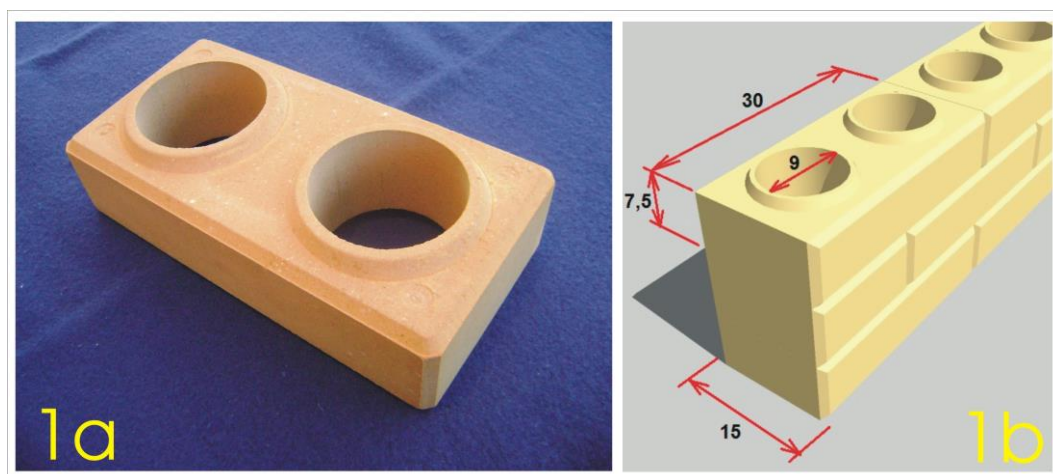


Figura 1 – Tijolo de solo-cimento utilizado na construção

Para esta pesquisa foram avaliados os desempenhos acústicos de uma parede vertical entre dois dormitórios e de uma parede de fachada relativa a um dormitório, aplicando a parte 4 da norma NBR 15575:2003.

Na figura 2, apresentam-se alguns detalhes da construção. Na figura 2a apresenta-se o detalhe da construção da parede com tijolos de solo-cimento. Nas figuras 2b, 2c e 2d observa-se, respectivamente, o revestimento interno em gesso liso aplicado diretamente na

maioria das paredes; vista do dormitório com uma parede rejuntada e outra revestida com gesso e a parede deixada com tijolos aparentes rejuntados com argamassa pronta.



Figura 2 – Aspectos das paredes com tijolos de solo-cimento avaliadas acusticamente

3. METODOLOGIA

Para a avaliação do desempenho acústico de paredes e fachadas utilizou-se a metodologia indicada pela Norma NBR 15.575:2013 Parte 4 que remete ao método de avaliação e procedimentos das normas ISO 140-4:1998 (ruído aéreo de paredes verticais e pisos); ISO 140-5:1998 (ruído aéreo de fachada); ISO 717-1:1996 (número único para ruído aéreo) e ISO 354:2003 (tempo de reverberação). Nesse trabalho realizaram-se medições de desempenho acústico em campo utilizando o método de engenharia.

No Brasil, para avaliar o isolamento sonoro aéreo em campo foram adotados os parâmetros Diferença Padronizada de Nível Ponderada ($D_{nT,w}$) para paredes verticais internas e Diferença Padronizada de Nível Ponderada a 2 m ($D_{2m,nT,w}$) para paredes verticais externas (fachadas). Esses parâmetros são números únicos obtidos a partir dos valores dos parâmetros Diferença Padronizada de Nível (D_{nT}) e Diferença Padronizada a 2 m ($D_{2m,nT}$) em função de frequência e comparados com a curva padrão dada pela norma ISO 717-1.

Para medir o isolamento sonoro de uma partição vertical que separa dois ambientes, coloca-se uma fonte sonora emitindo sinal sonoro em um dos ambientes e mede-se o nível de pressão sonora nesse ambiente (ambiente da fonte, L1). Ainda com a fonte emitindo o sinal sonoro mede-se o nível de pressão sonora no lado oposto a partição (ambiente de recepção, L2). Mede-se também, no ambiente receptor, o tempo de reverberação do ambiente receptor. Níveis sonoros e tempo de reverberação são medidos em função de frequência. A diferença de nível padronizado D_{nT} , é então calculada por meio da expressão:

$$D_{nT} = L1 - L2 + 10 \lg (T/T_0) \quad \text{Eq.1}$$

Onde:

L1 é o nível de pressão sonora médio medido no ambiente da fonte sonora;

L2 é o nível de pressão sonora médio no ambiente de recepção;

T é o tempo de reverberação na sala de recepção;

T_0 é o tempo de reverberação de referência, para moradias, $T_0 = 0,5$ s.

No caso de fachadas, o procedimento e o cálculo são os mesmos observando porém que a fonte deve ser colocada a 2 m de distância da fachada, no lado externo.

Para a determinação do isolamento aéreo da parede que separa dois dormitórios, seguiram-se as recomendações da ISO 140-4:1998. O sinal sonoro utilizado foi o ruído branco. Os níveis sonoros foram medidos em função de frequência em bandas de 1/3 de oitava entre 100 Hz e 3.150 Hz. Utilizaram-se duas posições de fonte e cinco posições de microfones para medir os níveis sonoros em um dos dormitórios (ambiente fonte), que foram usados para calcular o nível sonoro médio L1. Para medir os níveis sonoros no dormitório do lado oposto da parede, usaram-se as mesmas duas posições de fonte no ambiente de fonte e cinco posições de microfones no ambiente receptor e os resultados usados para calcular o nível sonoro médio L2. Para a posição de microfones foram observadas as distâncias mínimas de 0,7 m entre as posições do microfone; 0,5 m de distância entre microfones e os limites do ambiente e 1,0 m entre as posições do microfone e fonte sonora. Para a posição das fontes foram observadas as distâncias de 0,5 m com os limites do ambiente e mínimo de 0,7 m entre as duas fontes. A localização das posições de fonte e microfones usados nos ambientes de fonte e recepção é indicada na figura 3.

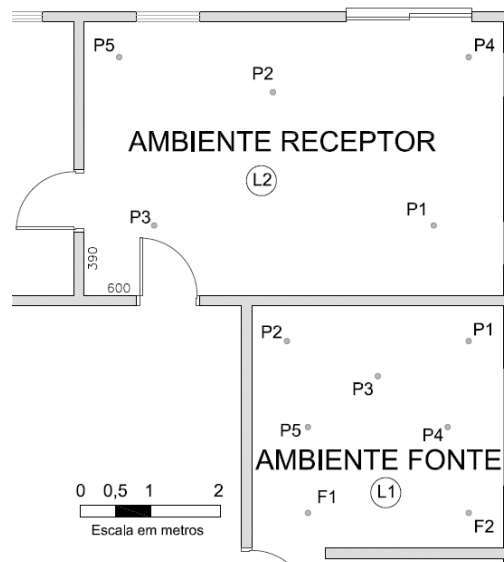


Figura 3 – Posicionamento das fontes sonoras e pontos receptores nos dormitórios L1 e L2

Para a fachada relativa a um dos dormitórios da edificação, a determinação do isolamento aéreo obedeceu as recomendações da norma ISO 140-5:1998. O sinal utilizado foi o ruído branco, observando que o nível de pressão sonora no ambiente receptor seja no mínimo 6 dB maior que o ruído de fundo. Colocou-se a fonte omnidirecional ao lado externo da residência, numa posição centralizada com a fachada, mediu-se o nível sonoro externo em duas posições de microfones a 2 m de distância da fachada e 1,5 m de altura do chão. Com a mesma posição de fonte, mediu-se o nível sonoro no interior do dormitório, em três posições de microfone, mantendo a distância mínima de 0,7 m entre pontos de microfone; 0,5 m entre microfone e superfícies do ambiente ou objetos e 1,0 m entre microfone e fonte. Os níveis de pressão sonora foram medidos em função de frequência em bandas de 1/3 oitava entre as frequências de 100 Hz e 3.150 Hz. As posições de fonte e microfones usadas nas medições estão indicadas na figura 4.



Figura 4 – Posicionamento da fonte e pontos receptores externos e no dormitório - ruído de fachada.

O tempo de reverberação (T) necessário para o cálculo das diferenças de nível padronizadas foi medido em cada ambiente receptor obedecendo às recomendações da norma ISO 354:2003. Esta norma indica como sinal sonoro para as medições de T o ruído rosa. O tempo de reverberação foi medido em banda de frequência de 1/3 de oitava, entre 100 Hz até 3.150 Hz, empregando o método de ruído interrompido. Em cada ambiente foram usados três pontos de microfone e duas posições de fonte sonora emissora, mantendo uma distância mínima de 1,5 m entre microfones; 2,00 m entre microfone e fonte; 1,00 m entre microfone e qualquer superfície do ambiente e 3,00 m entre fontes.

Os equipamentos utilizados para as medições do tempo de reverberação e níveis sonoros foram: Analisador sonoro - Integrating Sound Level Meter 2260 Investigator, marca Bruel&Kjaer; Calibrador - Sound Calibrator type 4231, marca Bruel&Kjaer; Fonte sonora omnidirecional, modelo 4296, marca Bruel&Kjaer e Amplificador de potência, modelo 2716, marca Bruel&Kjaer. Os equipamentos possuem certificado de calibração de laboratórios credenciados ao Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO).

4. RESULTADOS

4.1 Isolamento aéreo de parede interna.

Com os resultados dos níveis de pressão sonora e tempo de reverberação medidos, foram calculados os valores de Diferença Padronizadas de Nível (D_{nT}) em função de frequências, conforme Equação 1. Na figura 5, apresenta-se o gráfico com o resultado da Diferença Padronizada de Nível em função da frequência, da parede em tijolo de solo-cimento que separa dois dormitórios da edificação avaliada. Ainda na Figura 5, observa-se a curva de ajuste para determinação do valor ponderado $D_{nT,w}$ e o valor encontrado que foi de 45 dB.

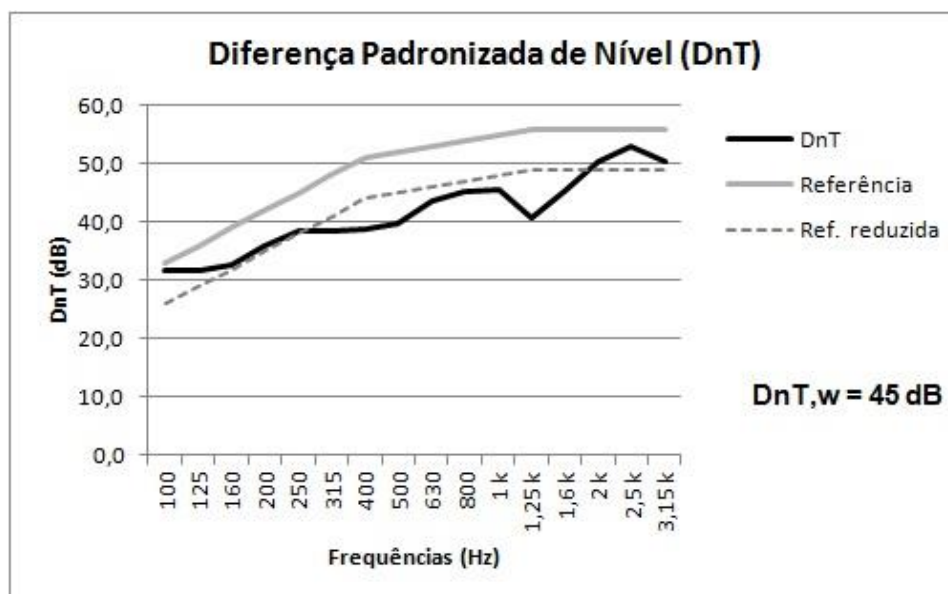


Figura 5 – Isolamento sonoro aéreo de parede executada com tijolo de solo-cimento

4.2 Isolamento aéreo de fachada

A figura 6 mostra o gráfico com os resultados da Diferença Padronizada de Nível a 2m ($D_{2m,nT}$) em função da frequência, da fachada da edificação avaliada. Os resultados de $D_{2m,nT}$ foram calculados a partir dos resultados das medidas dos níveis de pressão sonora e tempo de reverberação. Ainda na Figura 6, está indicada a curva de ajuste para a determinação do valor da Diferença Padronizada de Nível a 2 m Ponderada ($D_{2m,nT,w}$) cujo valor obtido foi de 24 dB.

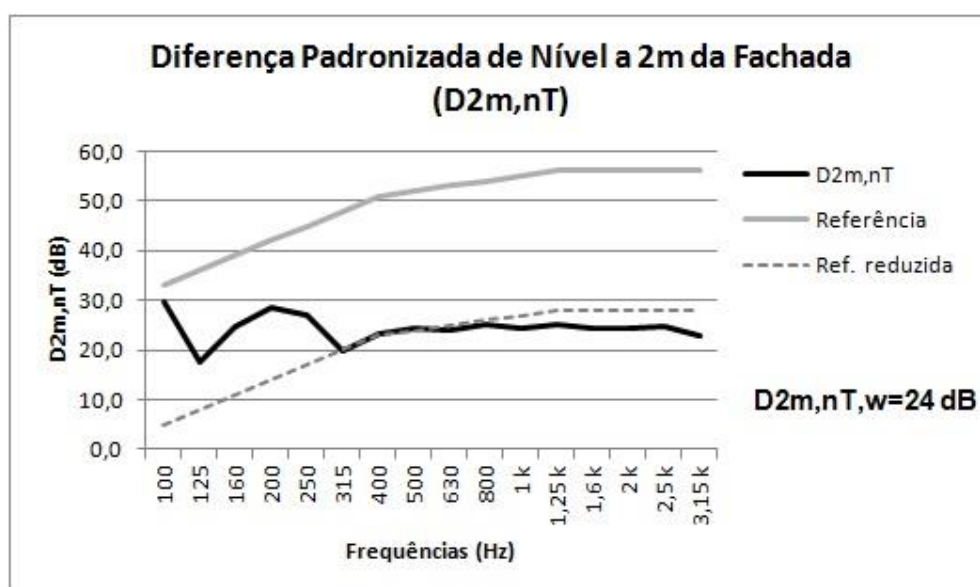


Figura 6 – Isolamento sonoro aéreo de fachada executada com tijolo de solo-cimento.

5. RESULTADOS DO DESEMPENHO ACÚSTICO

5.1 Desempenho acústico da parede interna

A NBR 15575:2013, em sua parte 4 - Sistemas de vedações verticais internas e externas, descreve os requisitos, critérios e métodos para avaliação do desempenho acústico de paredes verticais internas e externas (fachadas). Para o sistema de vedação vertical interna (SVVI) a norma adota, para o desempenho acústico, o parâmetro Diferença Padronizada de Nível Ponderada ($D_{nT,w}$) e exige o desempenho mínimo (M). O critério de desempenho da norma para o sistema de vedação vertical interna (SVVI) varia de acordo com o tipo de ambiente que o sistema separa. Os valores de Diferença Padronizada de Nível Ponderada

($D_{nT,w}$) indicados para cada tipo de parede são indicados na tabela 1. Os valores para desempenho intermediário (I) e superior (S) não são obrigatórios.

Tabela 1 – Diferença padronizada de nível ponderada, $D_{nT,w}$, da vedação interna entre ambientes

Elemento	$D_{nT,w}$ [dB]	Nível de desempenho
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), nas situações onde não haja ambiente dormitório	40 a 44	M
	45 a 49	I
	≥50	S
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), no caso em que pelo menos um dos ambientes é dormitório	45 a 49	M
	50 a 55	I
	≥55	S
Parede cega de dormitórios entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadaria nos pavimentos	40 a 44	M
	45 a 49	I
	≥50	S
Parede cega de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual como corredores e escadaria dos pavimentos	30 a 34	M
	35 a 39	I
	≥40	S
Parede cega entre uma unidade habitacional e áreas comuns de permanência de pessoas, atividades de lazer e atividades esportivas, como <i>home theater</i> , salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas	45 a 49	M
	50 a 54	I
	≥55	S
Conjunto de paredes e portas de unidades distintas separadas pelo hall ($D_{nT,w}$ obtida entre as unidades).	40 a 44	M
	45 a 49	I
	≥50	S

Fonte: ABNT NBR 15.575-4:2013

A parede divisória entre os dormitórios, avaliada na edificação, é composta por tijolos com uma face em tijolo aparente com junta preenchida de argamassa pronta e a outra face com revestimento em gesso liso com espessura média de 0,5 cm, totalizando uma espessura de parede com aproximadamente 15,5 cm.

O resultado obtido para a Diferença Padronizada de Nível Ponderada ($D_{nT,w}$) da parede de separação interna entre os dormitórios, construída com tijolos de solo-cimento, foi de 45 dB. Esse resultado atende à classificação de desempenho mínimo exigido pela norma onde haja pelo menos um dormitório.

5.2 Desempenho acústico da parede da fachada

Para análise de desempenho acústico de fachadas também se aplica a parte 4 da norma NBR 15.575:2013, descrevendo requisitos, critérios e métodos para avaliação do desempenho acústico de paredes verticais externas. Para o sistema de vedação vertical externa (SVVE) o parâmetro adotado pela norma para o desempenho acústico é a Diferença Padronizada de Nível Ponderada a 2 m ($D_{2m,nT,w}$) e exige o desempenho mínimo (M). O critério de desempenho, no caso de fachadas, foi estabelecido considerando as condições de ruídos externos aéreos, determinando assim a chamada classe de ruído (I, II e III). Na tabela 2 são apresentados os valores de $D_{2m,nT,w}$ e respectivos níveis de desempenho para as diferentes classes de ruído, relativos a avaliação de desempenho de fachadas em campo.

Tabela 2 – Diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa, $D_{2m,nT,w}$.

Classe de ruído	Localização da habitação	$D_{2m,nT,w}$ [dB]	Nível de desempenho
I	Habitação localizada distante de fontes de ruído intenso de quaisquer naturezas.	≥20	M
		≥25	I
		≥30	S
II	Habitação localizada em áreas sujeitas a situações de ruído não enquadráveis nas classes I e III	≥25	M
		≥30	I
		≥35	S
III	Habitação sujeita a ruído intenso de meios de transporte e de outras naturezas, desde que conforme a legislação.	≥30	M
		≥35	I
		≥40	S

Fonte: ABNT NBR 15.575-4:2013.

A parede da fachada da edificação avaliada foi construída com tijolos de solo-cimento. A face externa da parede é em tijolo aparente com junta preenchida de argamassa pronta e a face interna recebeu revestimento em gesso liso com espessura média de 0,5 cm. A espessura total da parede é de aproximadamente 15,5 cm. Nessa parede há uma porta de correr com vidro e veneziana em alumínio, com 1,80 m de largura por 2,20 m de altura e uma janela em alumínio e vidro com 0,90 m de largura por 0,60 m de altura.

O resultado obtido para a Diferença Padronizada de Nível Ponderada ($D_{2m,nT,w}$) da vedação externa do dormitório foi de 24 dB. A edificação localiza-se um condomínio residencial particular, distante de ruídos intensos, portanto pode-se considerá-la na classe de ruído I. Nessas condições, a fachada atende ao nível mínimo de desempenho acústico.

6. DISCUSSÃO SOBRE OS RESULTADOS

Os resultados dos desempenhos acústicos das paredes internas e externas da edificação, construídas com tijolos de solo-cimento atenderam aos requisitos mínimos exigidos pela norma NBR 15575:2013 parte 4.

Quanto ao desempenho dos sistemas de vedação vertical, fachada e parede interna, pode-se perceber que mesmo atendendo aos requisitos mínimos, ainda há uma possibilidade de melhora do desempenho deste sistema e material empregado para as alvenarias. As paredes avaliadas têm somente uma das faces revestida, outros tipos de revestimentos poderiam ser inseridos melhorando o isolamento. Outro aspecto construtivo do sistema avaliado é o fato dos tijolos terem sido apenas encaixados e colados, sem argamassa de assentamento, outros tipos de cola poderiam mudar a eficiência em isolamento. Novos ensaios poderiam ser feitos para analisar essas novas condições e avaliar o desempenho deste sistema em outras situações de acabamentos e revestimentos.

A avaliação em campo leva em consideração o conjunto da fachada ou da partição e não os elementos isolados do conjunto, como acontecem em uma avaliação de isolamento em laboratório, porém percebe-se o quanto isso interfere no resultado geral. Em paredes compostas, onde portas e janelas com isolamento inferior são inseridas, o isolamento do conjunto fica prejudicado. No caso da fachada avaliada fica evidente a influência da janela e da porta no isolamento da parede externa.

Segundo Silva (2000 apud Alcântara, 2010), as portas são geralmente um dos pontos mais suscetíveis acusticamente em um conjunto de sistema vertical a ser avaliado, pois o índice de isolamento sonora destas costuma ser bem abaixo dos demais componentes do sistema, chegando ao máximo em torno de 20 dB a 25 dB. Também segundo Baring (1988, apud Recchia 2001), no que diz respeito ao desempenho das janelas que interfere diretamente no desempenho de fachadas, o problema está mais nos caixilhos do que no vidro, contrariando a ideia de que basta colocar vidros duplos para melhorar o desempenho deste sistema. Segundo pesquisas realizadas em laboratórios, por Alcântara (2010) e Recchia (2001), o

índice de isolamento sonora de janelas de correr, que são bastante utilizadas em fachadas, em média fica em torno de 20 dB.

Para fins de comparação, o resultado de desempenho acústico da partição vertical interna obtido para a parede construída com tijolo de solo-cimento foi comparado com outras avaliações acústicas em diferentes tipos de alvenarias, como o estudo realizado por Neto e Bertoli (2010), que levantou o isolamento de vários tipos de paredes construídas com diversos tipos de blocos e tijolos cerâmicos, empregados no Brasil e em Portugal. Na tabela 3, são apresentadas características físicas e desempenho acústico das paredes avaliadas por Neto e Bertoli (2010). A parede avaliada no trabalho atual é de aproximadamente 15 cm e teve um desempenho acústico de 45 dB. Considerando-se os resultados $D_{nT,w}$ da tabela 3, verifica-se que paredes com espessura final semelhantes (14,5 cm, no Brasil e 15 cm, em Portugal) apresentaram desempenho inferior aos resultados obtidos para a parede de solo-cimento. O resultado também é superior ao desempenho das paredes brasileiras com espessura final de 17 cm.

Tabela 3 – Resultados de desempenho acústico de diferentes tipos de alvenaria cerâmica

Especificação	Grupo I		Grupo II	
	Brasil	Portugal	Brasil	Portugal
Dimensão do bloco/tijolo: largura (cm) x altura (cm) x comprimento (cm)	11,5 x 19,0 x 39,0	11,0 x 20,0 x 30,0	14,0 x 19,0 x 39,0	15,0 x 20,0 x 30,0
Massa média (kg)	6,165	3,884	7,000	5,175
Reboco de argamassa (cm) (em cada face)	1,50	2,00	1,50	2,00
Espessura final da parede (cm)	14,5	15,0	17,0	19,0

Resultados dos testes	Grupo I		Grupo II	
	Brasil - 11,5 cm	Portugal - 11,0 cm	Brasil - 14,0 cm	Portugal - 15,0 cm
Laboratório R_w (dB)	37 X	43 ⁸	39 X	47 ⁹
Campo $D_{nT,w}$ (dB)	37 X	42 X	41 V	50 V

Obs.: (**X**) e (**V**) representam o resultado da avaliação de atendimento aos critérios de desempenho de cada país.

Fonte: Neto e Bertoli (2010).

Na figura 7, apresenta-se uma comparação do nível do critério de avaliação brasileiro com os de outros países que utilizam o mesmo parâmetro de avaliação ($D_{nT,w}$).

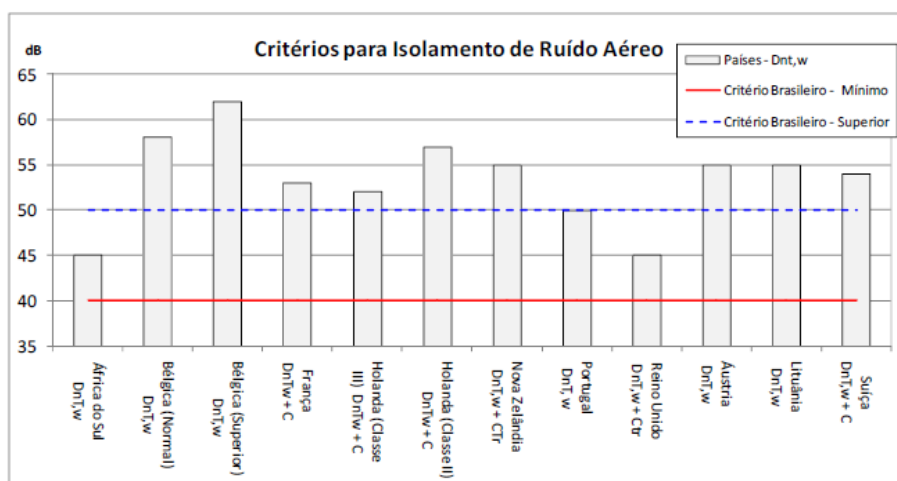


Figura 7 - Comparação entre critérios de desempenho acústico (ruído aéreo) brasileiro e de alguns países que utilizam o mesmo parâmetro de avaliação. Fonte: Neto (2008).

Verifica-se, em uma análise geral, que sistemas construtivos aprovados no Brasil com desempenho acústico mínimo estão muito aquém aos de outros países. Segundo esses critérios, paredes construídas com tijolos de solo-cimento poderiam ser usadas, além de no Brasil, também no Reino Unido e África do Sul.

7. CONCLUSÕES

Este trabalho investigou o desempenho acústico de um sistema construtivo não usual e pouco avaliado. Foram obtidos resultados de isolamento sonoro aéreo de paredes internas e externas, de fachada, construídas com tijolos de solo-cimento.

Foram considerados os parâmetros de desempenho acústico indicados pela norma brasileira de desempenho NBR 15575:2013, para isolamento sonoro aéreo de parede internas e externas: Diferença de Nível Padronizada Ponderada ($D_{nT,w}$) e Diferença de Nível Padronizada Ponderada a 2 m ($D_{2m,nT,w}$), respectivamente.

O desempenho acústico de parede interna com tijolo de solo-cimento foi de 45 dB. Para a fachada o resultado foi de 24 dB. Ambas atendem aos requisitos mínimos da norma NBR 15575:2013.

Notou-se que o desempenho acústico dos elementos que compuseram a fachada, como portas e janelas, contribuiu para reduzir o desempenho acústico geral dos sistemas de vedações verticais.

Em comparação com valores de isolamento obtidos de outros tipos de materiais usados para confecção de paredes, o desempenho do tijolo de solo-cimento foi superior ao de blocos cerâmicos.

O sistema construtivo de tijolos de solo-cimento é uma alternativa a mais para construções habitacionais, também agregando valor no desempenho acústico destas edificações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCANTARA, Luiz Carlos Gomes de. Avaliação do conforto acústico de residências populares utilizando análise estatística de energia. Dissertação (Mestrado) - Rio de Janeiro: UFRJ / COPPE, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10833:2012. Fabricação de tijolos e blocos de solo-cimento com utilização de prensa manual ou hidráulica – procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575:2013. Edifícios habitacionais – Desempenho. Parte 4: Sistema de vedações verticais internas e externas – SVVIE. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

BARING, J. G. A, 1988. Isolação Sonora de Paredes e Divisórias. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT/SP. In: Tecnologia das edificações. Ed. São Paulo, p. 429-434, 1988.

CABALA, Guillermo Van Erven. O estudo do comportamento mecânico de estruturas de solo-cimento reforçado com fibras de coco e hastes de bambu. 2007. 91f. Dissertação (Mestrado em engenharia mecânica). Universidade Federal do rio Grande do Norte. Natal - RN, 2007.

CBIC - Câmara Brasileira da Indústria da Construção. Desempenho de edificações habitacionais: guia orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013. Brasília, DF abril de 2013. Disponível em: <http://www.cbic.org.br/arquivos/guia_livro/Guia_CBIC_Norma_Desempenho_2_edicao.pdf> Acesso em maio de 2014.

CENTRO INTERAMERICANO DE VIVIENDA Y PLANEJAMENTO (CINVA) (1961). Guia de auto-construcción. Bogotá: 1961.

- CUNHA, U. V. L. (1978). Terra-cimento: Contribuição para o Estudo da casa de baixo custo. Dissertação (Mestrado). São Carlos – EESC-USP, 1978.
- CYTRYN, S. (1957) Soil construction: Its principle and application for housing. State of Israel – Ministry of Labor – House Division. The Weizmann Science Press of Israel – Jerusalem, 1957.
- GRANDE, Fernando Mazzeo. Fabricação de tijolos modulares de solo-cimento por prensagem manual com e sem adição de sílica ativa. 2003. 180f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura). Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo - USP. São Carlos, 2003.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT) (1977a). Casa evolutiva em blocos de solo-cimento: Fase1 – aplicação do solo-cimento à habitação – São Paulo. Relatório 9795 IPT, 1977.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT) (1977b). Casa evolutiva em blocos de solo-cimento: Fase1 – aplicação do solo-cimento à habitação – São Paulo. Relatório 10.641 IPT, 1977.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT) (1978). Implementação técnica de tijolos de solo-cimento através da máquina automática TOR-HPT 30. São Paulo. Relatório 11.273 IPT, 1978.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION ISO 354: Acoustics - Measurement of sound absorption in a reverberation room. Brussels. 2003.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 140-4: Acoustics - Measurement of sound insulation in buildings and of building elements - Part 4: Field measurements of airborne sound insulation between rooms. Genève. 1998.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 140-5: Acoustics — Measurement of sound insulation in buildings and of building elements - Part 5: Field measurements of airborne sound insulation of façade elements and façades. Genève. 1998.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 717-1: Acoustics - Rating of sound insulation in buildings and of building elements - Part 1: Airborne sound insulation. Genève. 1996.
- MERCADO, M. C. (1990). Solo-cimento: alguns aspectos referentes à sua produção e utilização em estudo de caso. Dissertação (Mestrado). São Paulo: FAU-USP, 1990.
- NETO, Maria de Fátima Ferreira; BERTOLI, Stelamaris Rolla. Conforto acústico entre unidades habitacionais em edifícios residenciais de São Paulo, Brasil. In: Anais ACÚSTICA 2008, 20 - 22 de Outubro, Universidade de Coimbra. Coimbra, Portugal, 2008.
- NETO, Maria de Fátima Ferreira; BERTOLI, Stelamaris Rolla. Desempenho acústico de paredes de blocos e tijolos cerâmicos: uma comparação entre Brasil e Portugal. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 10, n. 4, p. 169-180, out./dez. 2010.
- NEVES, Célia M. M. Soil cement as environmental friendly building material. In: SYMPOSIUM ON CONSTRUCTION & ENVIRONMENTAL: THEORY INTO PRACTICE. São Paulo, 2000.
- NEVES, Célia M. M. Novos materiais para a melhoria da habitação popular. CEPED – Centro de Pesquisas e Desenvolvimento. Camaçari, 1978.
- RECCHIA, C., Estudo do desempenho acústico dos elementos construtivos que compõem a fachada. Dissertação (Mestrado). Santa Catarina: Universidade Federal de Santa Maria, 2001.
- SILVA, D. T. Estudo da isolamento sonora em paredes divisórias de diversas naturezas. Dissertação (Mestrado). Santa Catarina: Universidade Federal de Santa Maria, 2000.

WHO - World Healthy Organization. Guidelines for community noise, 1999. Disponível em: <<http://www.who.int/docstore/peh/noise/guidelines2.html>>. Acesso em março 2014.

AUTORES

João C. C. de V. Leite é Arquiteto e Urbanista graduado pela PUC de Campinas – SP (1987). Gerenciou projetos e desenvolveu produtos em empresa de pré-fabricados de concreto de grande porte. Desenvolveu projetos e pesquisas de sistemas construtivos com terra, como o solo-cimento. Desenvolveu projetos e pesquisas ligados a Bioarquitetura e Sustentabilidade. Especializado em Bioarquitetura pela ANAB. Desenvolveu projetos e pesquisas de sistemas de iluminação através de fibras ópticas e LED. Foi membro de bancas examinadoras de Trabalho Final de Graduação na FAU-UNIMEP. Atualmente, como autônomo, realiza projetos arquitetônicos e obras. Estuda acústica no programa de Pós-graduação da UNICAMP. Leciona as disciplinas de Desenho Técnico e Desenho Projetivo no curso Técnico em Edificações do Colégio Bento Quirino em Campinas - SP.

Stelamaris Rolla Bertoli é Professora Associada e Livre Docente do Departamento de Arquitetura e Construção da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo (FEC) da UNICAMP. Doutora em Física. Coordena o Laboratório de Física Aplicada e Conforto Ambiental (LACAF) da FEC/UNICAMP. Publicou vários artigos em periódicos especializados e trabalhos em anais de eventos nacionais e internacionais da área de atuação. Na graduação atua em dois cursos da UNICAMP, Engenharia Civil e Arquitetura e Urbanismo. Na Pós-Graduação atua em dois Programas de Pós-Graduação da UNICAMP, Engenharia Civil (PPGEC) e Arquitetura, Tecnologia e Cidade (PPGATC), orientando mestrados e doutorados. Possui experiência na área de acústica, atuando principalmente nos seguintes temas: acústica de salas, conforto acústico, ruído ambiental, avaliação e desempenho acústico de edificações.

ANÁLISE DE DURABILIDADE DE ARGAMASSA DE REVESTIMENTO EM CONSTRUÇÕES DE TERRA

Regina Ângela Mattaraia¹; Wilza Gomes Reis Lopes²; Karenina Cardoso Matos³;

Departamento de Construção Civil e Arquitetura, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Piauí- DCCA/CT/UFPI
¹re.mattaraia@ufpi.edu.br, ²izalopes@uol.com.br, ³kareninamatos@yahoo.com.br

Palavras-chave: argamassa de revestimento, taipa de mão, sustentabilidade, técnica construtiva, arquitetura de terra.

Resumo

As técnicas construtivas de terra foram responsáveis por muitas das edificações existentes em cidades coloniais brasileiras. Com a chegada de novos materiais, seu uso foi reduzido, ficando, na maioria das vezes, restrito à população de baixo poder aquisitivo. Atualmente, sua potencialidade voltou a ser reconhecida, não se limitando a construções de caráter social ou temporário, mas sendo consideradas como técnicas construtivas modernas, que possibilitam qualidade ao ambiente construído e respeito à natureza, dificilmente encontrado nos materiais convencionais. Com a arquitetura de terra é possível obter excelentes resultados, desde que seguindo os procedimentos corretos. Tanto as construções com terra, como aquelas realizadas com materiais convencionais, são sistemas onde os subsistemas que o formam necessitam estar integrados. Este é o caso do revestimento, subsistema que está em interface com todos os demais, por isto a importância de seu estudo. O revestimento para as construções de terra é, normalmente, relegado a um patamar inferior, porém se trata de um subsistema importante, devido, principalmente, à suscetibilidade da terra à água e ao fato de fazer interface com os principais subsistemas da edificação. Neste artigo será apresentada discussão da importância da argamassa de revestimento para as construções de terra e analisada sua durabilidade em paredes de taipa de mão (pau-a-pique), construídas em 2006, no município de Extrema, Minas Gerais, verificando sua deterioração num período de oito anos. Para a execução da argamassa, foi utilizado o solo local, classificado como arenoso (60% areia, 40% silte + argila), com traço especificado de 1:1:2 (cal:solo:areia média), em volume. Foram realizadas análises visuais do estado de conservação da argamassa de revestimento, em paredes voltadas para diversas orientações, considerando os desgastes provocados por intempéries e pelo tempo. Foi constatado que nas paredes revestidas, o substrato permaneceu íntegro, enquanto que as paredes não revestidas apresentaram trincas e descolamento do material.

1. INTRODUÇÃO

A terra vem sendo usada como material de construção desde tempos remotos, demonstrando seu potencial e sua durabilidade. Existentes nos mais diferentes recantos do planeta, edificações executadas por meio de técnicas variadas, persistem até os dias atuais, desafiando as intempéries e o próprio tempo.

Dethier (1982) afirma que, desde que os homens constroem cidades, há cerca de dez mil anos, a terra tem sido, por meio de tradições eruditas e populares, um dos principais materiais de construção utilizados.

As técnicas de construção com terra apresentam as vantagens de serem facilmente assimiladas por mão de obra não qualificada, de terem baixo dispêndio de energia, de apresentarem um bom desempenho climático, de usarem materiais renováveis e de não poluírem o meio ambiente.

Trazida pelos portugueses, a arquitetura de terra foi adotada, desde o início da colonização, em todo o território brasileiro, permanecendo e se desenvolvendo, segundo Del Brenna (1982), quando e onde seu uso foi possível, pelas condições do solo e do clima, configurando-se em soluções de grande singeleza, funcionalidade e perfeita adaptação ao meio.

Para Souza (1996), nos locais do Brasil, em que a pedra era rara e de difícil extração, prevaleceu a arquitetura de terra, executada a partir de diversas técnicas construtivas. As técnicas mais usadas no país foram a taipa de pilão, o adobe e a taipa de mão, tendo sido utilizadas tanto em construções rurais, como em áreas urbanas. Dentre estas, destaca-se a taipa de mão ou pau-a-pique, técnica mista, que consiste, no preenchimento de uma estrutura de madeira, formada por ripas horizontais e verticais, com uma mistura de água, terras e fibras (Di Marco, 1984). Foi bastante usada no Brasil, encontrando-se exemplares em todo país.

Seu emprego generalizado se deve a diversas vantagens, tais como a facilidade de sua construção, que, segundo Vasconcellos (1979), foi um dos motivos que levou este sistema construtivo a ser um dos mais difundidos no Brasil. Para Schmidt (1946), esta técnica foi amplamente utilizada, pois ao contrário da taipa de pilão, dispensava o trabalho de taapeiros especializados, não deixando de ser uma técnica durável, de grande resistência às intempéries e de menor custo. Souza (1996) destaca, ainda, a leveza e a capacidade de adaptar-se às topografias acidentadas como qualidades da taipa de mão. Para Lopes e Ino (2001), trata-se de uma técnica versátil, comprovada por sua grande adaptabilidade às condições locais, com a utilização de materiais encontrados na natureza.

Mello (1985) afirma que a primeira técnica de terra usada em Minas Gerais foi a taipa de pilão, trazida pelos bandeirantes. Posteriormente, ela foi substituída pela taipa de mão, devido à ocorrência de erosão nas paredes provocada pelas enxurradas, principalmente em terrenos mais acidentados, como nas vilas do ouro.

Muitas edificações oriundas do período colonial, ainda, podem ser encontradas em nossas cidades, como também edificações contemporâneas localizadas em locais diversos do Brasil. Entretanto, Lopes et al. (2010, p. 9) afirmam que, “como qualquer outra técnica construtiva, a arquitetura de terra requer certos cuidados, como a proteção da umidade e a manutenção periódica”.

Souza (1996) destaca que a maior ameaça à sustentação da terra são as infiltrações de água, tanto por capilaridade do solo, quanto por falta de proteção adequada com rebocos mal executados. Neste sentido, Silva e Costa (2006, p. 59) afirmam que “a ação da água pode ser exercida de várias maneiras, desde a incidência directa da chuva sobre as paredes [...], ou através dos salpicos que origina ao atingir o solo”.

Dessa forma, o revestimento é de suma importância para a arquitetura de terra, sendo usado, por meio “de aplicação de uma camada externa nas superfícies das edificações com terra a fim de protegê-las dos agentes ambientais e de possíveis danos físicos de origem natural ou provocados por atividade humana” (Guerrero, 2011, p. 72).

Neste artigo será apresentada discussão da importância da argamassa de revestimento para as construções de terra e analisada sua durabilidade em paredes de taipa de mão, construídas a partir de 2006, no município de Extrema, Minas Gerais, verificando seu comportamento no período de oito anos.

Para isso, foram realizadas análises visuais do estado de conservação em paredes voltadas para diversas orientações, considerando os desgastes provocados por intempéries e pelo tempo, por meio de percepção visual e tátil da argamassa de revestimento, a partir de visitas ao local.

2. ARGAMASSA DE REVESTIMENTO: CARACTERÍSTICAS E IMPORTÂNCIA

Nas construções com terra, é importante o uso de revestimento adequado, o que contribui para sua conservação e durabilidade. Como o material empregado no enchimento das construções de técnicas mistas resulta, segundo Garzon (2011, p. 67) “em material poroso, com baixa massa específica e pouco resistente à ação da água de chuvas e geadas”, faz-se necessário o uso de “revestimentos apropriados, que podem ser o reboco ou o forro”.

Santiago (2007, p. 24) destaca a importância da argamassa como revestimento, afirmando que sua função é “propiciar uma maior proteção aos vários elementos construtivos.

Conseqüentemente, uma boa argamassa tem grande parcela de colaboração na durabilidade das edificações”.

Para que as argamassas cumpram a função de proteção, é necessário que possuam as propriedades fundamentais que, segundo Mattaraia (1998, p. 27), são “a capacidade de absorver deformações, aderência ao substrato, resistência aos impactos e desgastes e, principalmente, em se tratando de substratos em terra crua, estanqueidade.” Estas propriedades dependem da característica dos aglomerantes, agregados e aditivos utilizados, da proporção destes materiais e do método empregado na mistura dos componentes (Selmo, 1986).

Dentre os materiais responsáveis pelas propriedades, é possível citar a cal como o aglomerante importante para as construções com terra, pois como afirma Ioshimoto et al. (1988), a cal confere às argamassas as propriedades de resistência, estabilidade e estanqueidade.

A cal tem sido utilizada pelo homem, desde tempos remotos. Guimarães (2002, p. 35) refere-se às ruínas de Lepenski Vir, na margem do rio Danúbio, na Iugoslávia, como “ponto inicial documentado da história da cal [...]. É a mais remota prova conhecida de utilização da cal com data precisa”. Nas ruínas do local, com idade calculada em 6000 a 6500 a.C., foi encontrada aplicação de argamassa de cal sobre pavimento. Guimarães (2002) cita, ainda, ruínas, datadas de 6250 a 5400 a. C., encontradas ao leste da Turquia, em que foi utilizada argamassa de cal, no piso dos terraços, e, ainda o uso da cal na estabilização do solo para a construção de pirâmides no Egito e da muralha da China.

Guerrero et al. (2010) destacam que no México, muitas das antigas edificações de terra, como missões, colégios, conventos, hospitais, mercados e grande parte da arquitetura residencial, foram construídas a partir do conhecimento construtivo, que aliava a combinação da terra e da cal, resultando em construções que perduram até hoje, com bom nível de integridade.

Dentre as principais propriedades das argamassas de revestimento, destacam-se a resistência, a estabilidade e a estanqueidade, conferidas pela cal, visto ser este o aglomerante utilizado. A resistência confere à argamassa a capacidade de resistir a impactos, sem causar seu descolamento ou sua desagregação. A estabilidade permite à argamassa absorver as deformações provenientes da movimentação do substrato, que podem ocorrer, devido ao entramado leve, ou de movimentações provenientes do ambiente. A estanqueidade é fundamental para construções em terra, devido à suscetibilidade deste material à água.

Em relação às resistências das camadas, estas comprometem o resultado final, chegando, inclusive, a destruir o substrato caso sejam mais resistentes que ele.

Para Doat et al. (1979, p. 238),

diferentes camadas de um revestimento devem ter resistências diferentes e, no geral, a dosagem de aglomerante decresce a partir do substrato. A primeira camada não deverá ser mais resistente que o substrato e cada nova camada deverá ser menos que a precedente. As camadas, portanto, deverão tornar-se cada vez mais porosas e permeáveis ao ar.

Na visão de Houben e Guillaud (1989), o revestimento é considerado fundamental nas construções com terra, principalmente, quando estão situadas em regiões tropicais, sujeitas a chuvas que incidem, quase horizontalmente, acompanhadas de rajadas de ventos fortes, o que acelera o processo de deterioração das edificações.

Segundo Ioshimoto et al. (1988), as argamassas devem apresentar características plásticas e adesivas durante sua aplicação, e rígidas e resistentes após um certo período de tempo. Selmo (1986) complementa afirmando que suas propriedades dependem da característica dos aglomerantes, agregados e aditivos utilizados, da proporção destes materiais e do método empregado na mistura dos componentes.

Portanto, para o melhor desempenho de construções com terra, principalmente em regiões tropicais, é fundamental o uso de revestimentos, que serão melhores, quanto mais adequadas forem suas propriedades, que por sua vez, são frutos da escolha correta de seus componentes e da técnica de aplicação.

3. DESCRIÇÃO DAS EDIFICAÇÕES

O Parque Ecológico Pico dos Cabritos, localizado a 476 km de Belo Horizonte, foi criado com a finalidade de realizar eventos empresariais, cerimônias e atividades terapêuticas e esportivas. É formado por seis edificações de apoio: casa do guarda parque, administração, sala de eventos, restaurante, sanitários e Spa, contando, ainda, com local para estacionamento, horta, viveiro de mudas e pequeno lago onde se situa a roda d'água.

Utilizou-se a taipa de mão para construir o restaurante, administração e a sala de eventos. Para os outros equipamentos e áreas molhadas, optou-se por utilizar, como material de vedação, blocos de concreto, considerando-se o uso público e intenso desses locais. Dessa forma, o Spa, o bloco de banheiros, as áreas referentes à cozinha do restaurante, o banheiro e copa do bloco administrativo foram executados em alvenaria convencional.

Os blocos principais, administração, sala de eventos, banheiros e restaurante estão situados próximos, formando um conjunto arquitetônico permeado por caminhos, rampas e escadas (Figura 1).



Figura 1 – Implantação das edificações no parque

Os blocos da administração e da sala de eventos são contíguos, situados na área mais baixa do terreno, cercado por densa vegetação em seu lado norte e leste, estando por este motivo mais protegidos das intempéries, o que não ocorre com os blocos do restaurante (Figura 1). Estes blocos estão situados na parte mais elevada do terreno, com diferença de cerca de 7,00 m para o nível inferior, em que estão situados os blocos da administração/eventos, estando, dessa forma, mais expostos às intempéries, principalmente em suas faces norte e oeste.

4. PROCESSO CONSTRUTIVO

De forma sextavada, os blocos foram construídos com estrutura independente em eucalipto roliço e vedação em taipa de mão. As paredes foram afastadas da estrutura, de forma a não provocar patologias nas interfaces parede x pilar (Figura 2).

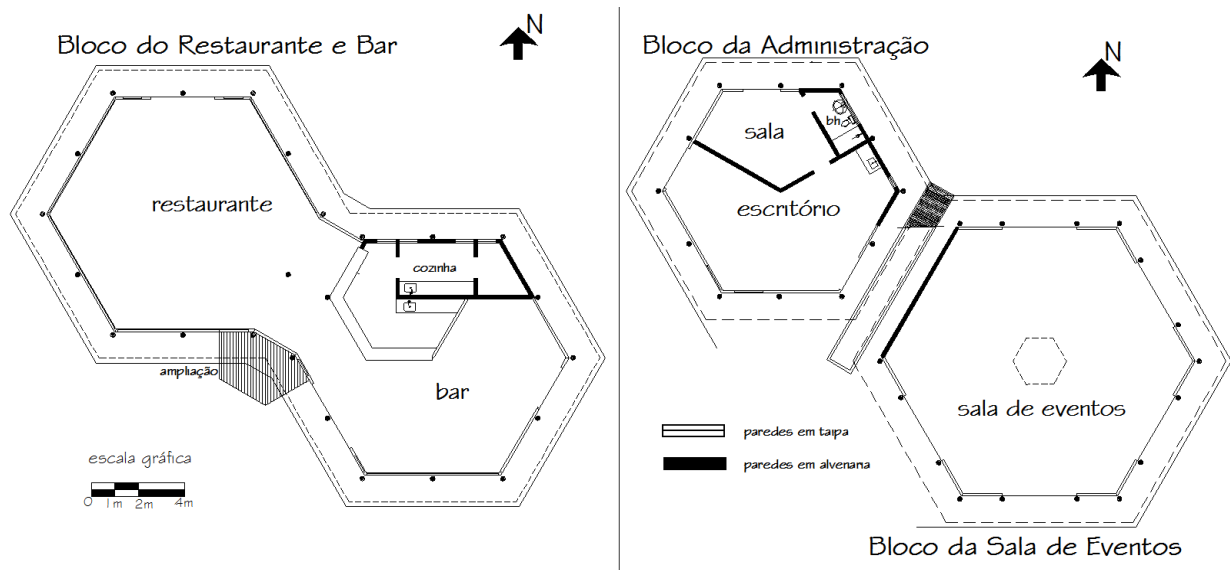


Figura 2 – Plantas baixas das edificações em taipa

Para execução das paredes, foi desenvolvido entramado de madeira serrada, preenchido com mistura de solo arenoso local, fibra e água. As paredes de taipa de mão foram executadas com 12 cm de espessura e altura de 3,00 m, apoiadas sobre baldrame de concreto e estruturadas, em sua parte superior, por peças de 12 cm x 12 cm.

A mão de obra utilizada trabalhava apenas com a construção convencional, razão pela qual foi feito um treinamento para repassar a técnica construtiva da taipa de mão, com o intuito, também, que ela pudesse ser disseminada. Participaram do treinamento, dois pedreiros e dois empresários, donos do empreendimento, tendo sido conduzido pela autora do projeto. O treinamento foi realizado durante quatro dias, sendo dois dias para o aprendizado da classificação do solo, preparação da mistura e barreamento dos painéis, e após 21 dias, mais dois dias, para a o preparo e aplicação da argamassa, tendo sido barreados e revestidos dois painéis.

A mão de obra foi treinada para fazer o reconhecimento do solo, utilizando-se recursos locais, por meio dos testes expeditos, comumente utilizados na identificação de solos em canteiro. Foram realizados o teste da queda da bola e o teste do vidro, conforme apresentados por Neves et al. (2010).

Neste treinamento, além da aplicação recomendada (aplicação do revestimento após secagem dos painéis) foi feito, também, numa tentativa de agilizar o processo, a aplicação de uma camada de argamassa de 1,5 cm, logo após o barreamento de um dos painéis. Este painel, revestido após o barreamento, apresentou fissuras mapeadas nas primeiras 24 horas e mesmo, após aplicação de nova camada de 0,5 cm de argamassa para a correção das fissuras, estas continuaram a aumentar. Com este resultado, optou-se por utilizar o método tradicional e aplicar a argamassa, após o painel estar totalmente seco e retirado o pó, como recomendado por Guerrero (2011). A argamassa foi aplicada em duas camadas. A primeira com variações de espessura de 2 a 3 cm e a segunda, após a secagem da primeira, com 0,5 cm de espessura. A primeira camada foi aplicada, de forma a uniformizar o painel (camada de regularização, ou emboço) e a segunda camada foi aplicada para dar o acabamento (reboco). Por meio deste treinamento foi definido, também, o traço a ser utilizado para a argamassa definitiva, bem como a técnica executiva a ser aplicada.

Devido ao respingo das chuvas, o bloco da administração/eventos apresentou mofo em suas paredes externas, no ano seguinte à construção. Como solução, foi feita uma primeira proteção em 2007, utilizando-se vidros temperados reciclados e encaixados em estruturas de madeira. Esta proteção, embora eficiente, tinha o problema de acumular, sujeira entre o vidro e a parede. Então, após 2010, optou-se por revestir a base com tijolos maciços de

cerâmica (Figura 3). Os tijolos foram assentados na base externa de todos os blocos, de forma a padronizar as edificações.



Figura 3 – Proteção da base externa das paredes no bloco da administração.

5 APLICAÇÃO DA ARGAMASSA

Na confecção da argamassa foi utilizado o solo local, classificado como solo arenoso com 60% de areia e 40% de silte e argila, acrescido de areia quartzosa, adquirida no comércio local, sem identificação de origem, especificada como areia média mais cal hidratada CHII, utilizada como material estabilizador e aglomerante. Foi utilizado o traço em volume 1:1:2 (cal:terra:areia), tanto para a argamassa aplicada internamente quanto externamente, baseado em Mattaraia (1998).

Para o peneiramento da terra e da areia, foram utilizadas peneiras com abertura de 2 mm. Após este procedimento, a terra foi estocada em área coberta sobre cimentado, enquanto que a areia foi guardada em local descoberto e coberta com lona plástica.

Seguindo recomendação de Mattaraia (1998), foi feita pré-mistura com areia, cal e água, deixada descansar por 24 horas, para uma melhor incorporação da cal à areia, que somente após 24 horas foi adicionada à terra. Esta mistura foi batida em betoneira de eixo inclinado, adicionando-se água até atingir a trabalhabilidade especificada pelo aplicador.

A argamassa foi aplicada nas paredes de taipa, entre maio de 2006 e junho de 2007, com intervalo de, aproximadamente, 20 dias entre o barreamento do painel e sua aplicação. Houve exceção, apenas, no bloco do restaurante/bar, em que a argamassa foi aplicada logo após seu barreamento.

Quando as paredes se apresentaram secas iniciou-se a aplicação da primeira camada da argamassa de 2,5 cm de espessura (emboço), utilizada para regularização. Não foi necessário a escarificação da taipa, pois o barreamento foi feito de maneira irregular, justamente para proporcionar a boa aderência da argamassa ao substrato. Dessa forma, a camada de emboço, além de regularizar o substrato, nivelando-o, também corrigiu as fissuras apresentadas na parede de taipa.

Após aplicação do emboço, foi executada a camada de acabamento (reboco) de 0,5 cm, aplicado após o emboço apresentar-se seco. Esta camada foi responsável pelo acabamento liso do painel.

6.-ANÁLISE DA ARGAMASSA DE REVESTIMENTO

É possível observar o desenvolvimento de patologias no revestimento da maioria das paredes dos blocos executados com taipa de mão, em maior ou menor grau. Para melhor entendimento e comparação, as alterações observadas (fissuras e deslocamentos), em relação à orientação, foram resumidas na Tabela 1, para bloco do restaurante/bar e na Tabela 2, para bloco de administração/eventos.

Tabela 1 – Análise das alterações do revestimento do bloco restaurante/bar em relação à orientação.

BLOCO RESTAURANTE / BAR							
		Norte	Nordeste	Sudeste	Sul	Sudoeste	Noroeste
FISSURAS	interno	em toda a área	em toda a área	em toda a área	pequenos trechos	em toda a área	em toda a área
	externo	em toda a área	em toda a área	em toda a área	em toda a área	em toda a área	em toda a área
ADERÊNCIA	interno	boa	descolamentos pontuais	boa	boa	boa	descolamentos pontuais
	externo	boa	boa	boa	boa	descolamentos pontuais	boa

Tabela 2 – Análise das alterações do revestimento, em relação à orientação, do bloco da administração/eventos.

BLOCO ADMINISTRAÇÃO / EVENTOS							
		Norte	Nordeste	Sudeste	Sul	Sudoeste	Noroeste
FISSURAS	interno	pequenos trechos	pequenos trechos	em toda área	raras	raras	raras
	externo	pequenos trechos	pequenos trechos	raras	pequenos trechos	pequenos trechos	raras
ADERÊNCIA	interno	boa	boa	boa	boa	boa	boa
	externo	boa	boa	boa	boa	boa	boa

Observa-se que o bloco do restaurante/bar foi o que apresentou as maiores alterações, tanto em relação à presença de fissuras, quanto ao número de pontos de descolamento. As fissuras mapeadas encontradas neste bloco são significativas e aparecem em todas as paredes, tanto nas paredes internas como externas, diferentemente do que ocorreu no bloco de administração/eventos, em que as alterações foram menores.

Nas paredes do bloco restaurante/bar, de orientação Noroeste, as fissuras apresentaram aumento, tanto na quantidade, quanto no tamanho, durante os primeiros dois anos, continuando a aumentar até última observação em 2014 (Figura 4).



Figura 4 – Evolução das fissuras mapeadas entre 2008 e 2014, na parede Noroeste do restaurante

Outra patologia encontrada no bloco restaurante/bar, porém em menor quantidade, está relacionada ao descolamento do revestimento, que foi observado nas paredes voltadas para Nordeste, Noroeste e Sudoeste.

Já em 2007 aparecem os primeiros sinais, que aumentam, gradativamente, até 2014, quando parece se estabilizar (Figura 5). Deduz-se que, isto foi ocasionado pela fina camada de emboço, colocada sobre a parede de taipa, que não propiciou a aderência suficiente para o revestimento.



Figura 5 – Descolamento da argamassa na parede Nordeste do restaurante

Mesmo com o grande número de fissuras existente no bloco restaurante/bar, e sendo estas significativas, vale destacar que seu substrato continua íntegro.

Nas paredes do bloco administração/eventos, foram detectadas poucas fissuras, geralmente raras ou em pequenos trechos, mas que não comprometeram a integridade do substrato. A parede que aparece com maior dano neste bloco foi a voltada para sudeste (Figura 6).



Figura 6 – Parede sudeste bloco administração

As argamassas aplicadas apresentaram excelente aderência não tendo, no período analisado apresentado descolamento, mesmo provocado por eventuais choques. Isto mostra que a interface substrato x camada de regularização manteve uma aderência eficiente (Figura 7).



Figura 7- Revestimentos em 2014 do Bloco administração/eventos face Norte e Sudoeste

Argamassas rígidas tendem a apresentar fissuras mapeadas (Martinelli, 1989), sendo a cal a responsável pela capacidade de absorver deformações destas argamassas. O que sugere que um aumento na quantidade de cal utilizada no traço poderia melhorar esta propriedade importante para as argamassas.

As intempéries causaram desgastes nas argamassas, acentuando a profundidade de suas fissuras, principalmente nas paredes mais expostas ao sol (Norte e Oeste) e a chuvas e ventos (Oeste). Dessa forma, como já comentado, o bloco que apresentou maior quantidade de trincas e fissuras é justamente o bloco do restaurante/bar, mais exposto às intempéries.

Considerando que a argamassa de revestimento em ambos os blocos, seguiu o mesmo padrão de execução e aplicação, presume-se que a diferença de comportamento está relacionada à posição de implantação dos blocos no terreno. Como o bloco restaurante/bar está situado em posição mais elevada, sem a proteção de vegetação do entorno, ou seja, mais sujeito à incidência de chuva e vento, sofreu maiores danos em seu revestimento.

A aplicação da argamassa logo após o barreamento pode ocasionar fissuras, pois a argamassa não acompanha a movimentação da terra durante seu processo de secagem. Segundo Pisani (2004, p. 14), “O tempo de secagem de uma parede, que varia de 15 a 20 centímetros de espessura, é de aproximadamente um mês, quando então poderá receber revestimentos, também utilizando a terra para ter aderência à parede”.

A aplicação e correção de partes deste revestimento além da utilização de outros recursos como o revestimento de tijolos cerâmicos na parte inferior externa também contribuiu para a integridade do substrato de taipa.

As paredes do bloco da administração/eventos, que não foi revestida (face Sudoeste), apresentou descolamento do barro e fissuras que permitem a penetração de água até atingir o entramado durante os meses de chuva, o que não ocorre nas paredes revestidas (Figura 8).



Figura 8 – Parede sem revestimento no bloco de administração, face Sudoeste.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante o período analisado, foi observada uma evolução nas patologias pré-existentes (fissuras no restaurante/bar), reforçando a necessidade de correção e manutenção, à medida que estas vão aparecendo.

Observa-se, ainda, que o bloco do restaurante apresenta maior exposição às intempéries o que pode ter contribuído para o aumento das fissuras em suas paredes. Em oposição, os blocos da administração e sala de eventos encontram-se cercados por vegetação e protegidos das intempéries, pela sua implantação na parte mais baixa do terreno, e nesse caso não apresentou patologias relevantes em relação às fissuras, porém, o bloco da administração apresentou manchas de umidade em sua base, justamente por se apresentarem pouco ventiladas.

É importante sugerir que as argamassas, quando aplicadas sobre taipa de mão, deverão passar por uma secagem lenta, devendo a parede estar totalmente seca, antes de ser revestida, salientando-se que um ambiente mais úmido, durante o processo de cura das argamassas seria desejável.

A função primeira de todo revestimento é a proteção do substrato. Assim, é possível afirmar que a argamassa de revestimento utilizada nas edificações cumpriu seu papel, pois o substrato apresenta-se íntegro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Del Brenna, G. R. (1982). Para arquitetos e não. In: Dethier, J.; Zbinden, C. *Arquitetura de terra ou o futuro de uma tradição milenar*. Rio de Janeiro: Avenir Editora.
- Dethier, J. (1982). *Arquiteturas de terra ou o futuro de uma tradição milenar*. Rio de Janeiro: Avenir Editora Limitada.
- Di Marco, A. R. (1984). Pelos caminhos da terra. *Projeto*. n. 65, p.47-59.
- Doat, P.; Hays, A.; Houben, H.; Matuk, S.; Vitoux, F. (1979) *Construire em terre*. Paris: éditions Alternatives.
- Garzon, L. (2011). Técnicas mistas. In: Neves, C.; Faria, O. B. (Org.) *Técnicas de construção com terra*. Bauru: FEB-UNESP. p. 62-71.
- Guerrero, L. F. (2011). Revestimentos. In: Neves, C.; Faria, O. B. (Org.) *Técnicas de construção com terra*. Bauru: FEB-UNESP.
- Guerrero, L. F. . Roux Gutiérrez, R. S.; Soria López, F. J. (2010). Ventajas constructivas del uso de tierra comprimida y estabilizada con cal en México. *Palapa*. v. 5, n.10, p. 45-58, Enero-junio de 2010.
- Guimarães, J. E. P. (2002). *A Cal: Fundamentos e aplicações na Engenharia Civil*. São Paulo: PINI.
- Ioshimoto, E.; Sabbatini, F. H.; Djanikian, J. G.; Lichstenstein, N. B.; Helene, P. R. L.; Souza, U. E., Agopyan, V. (1988). *Argamassas*. São Paulo: EPUSP/PCC.
- Houben, H.; Guillaud, H. (1989), *Traitéde construction em terre*. Marseille: Parenthèses.
- Lopes, W. G. R.; Carvalho, T. M. P.; Matos, K. C.; Braga, T. M. (2010). Avaliação de casa de taipa de mão em Teresina, Piauí. In: Terra Brasil 2010, 3. Campo Grande. *Anais...* Campo Grande: UFMS.
- Lopes, W. G. R.; Ino, A. (2001). Construções com taipa de mão no Brasil. *Revista Baiana de Tecnologia – TECBAHIA*. Camaçari, BA, v. 16, n. 2, p.7–14.

- Martinelli, F. A. (1989). *Contribuição ao estudo de dosagem das argamassas mistas destinadas ao assentamento e revestimento de alvenarias*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Mattaraia, R. A. (1998). *Argamassa de revestimento para terra crua: Terra-palha, taipa de mão, solo-cimento*. Dissertação (Mestrado em Arquitetura). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo – EESC/USP. São Carlos, São Paulo.
- Mello, S. de. (1985). *Barroco mineiro*. São Paulo: Brasiliense.
- Neves, C.; Faria, O. de B.; Rotondaro, R.; Cevallos, P. S.; Hoffmann, M. V. (2010). *Seleção de solos e métodos de controle na construção com terra – práticas de campo*. PROTERRA. Disponível em <http://www.redproterra.org>. Acessado em 20/05/2014.
- Pisani, M. A. J. (2004). *Taipas: a arquitetura de terra*. *Sinergia*. São Paulo, v. 5, n. 1. p. 9-15.
- Santiago, C. C. (2007). *Argamassas tradicionais de cal*. Salvador: EDUFBA, 202 p.
- Schmidt, C. B. (1946). Construções de taipa: Alguns aspectos de seu emprego e da sua técnica. *Boletim de Agricultura*. série 47A, 1946.
- Selmo, S. M. S (1986). *Dosagem de argamassas de cimento Portland e cal para revestimentos externo de fachadas de edifícios*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Silva, V. C.; Costa, J. P. (2006). *Terra projectada: um novo método de reabilitação de construções em taipa*. In: Houses and Cities built with Earth: conservation, significance and urban quality. Lisboa: Argumentum.
- Souza, R. C. J. de. (1996). Problemas de conservação em construções típicas de Minas Gerais. *Cadernos de arquitetura e Urbanismo*. Belo Horizonte. n. 4, p. 103-120.
- Vasconcellos, S. de C. (1979). *Arquitetura no Brasil: sistemas construtivos*. 4. ed. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais.

AUTORES:

Regina Ângela Mattaraia: Arquiteta, Mestre em Arquitetura, pela Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo – EESC/USP, tendo defendido dissertação intitulada: *Argamassa de revestimento para terra crua: Terra-palha, taipa de mão, solo-cimento*. Professora do Curso de Arquitetura e Urbanismo do Departamento de Construção Civil do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Piauí – UFPI.

Wilza Gomes Reis Lopes: Arquiteta, Especialista em Urbanismo, Mestre em Arquitetura, Doutora em Engenharia Agrícola. Professora do Curso de Arquitetura e Urbanismo e do Mestrado e Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal do Piauí - UFPI. Coordenadora do Laboratório Urbano da Paisagem – LUPA, da UFPI. Membro da Rede Ibero-americana de Arquitetura e Construção com Terra – PROTERRA e da Rede TerraBrasil. Desenvolve pesquisas sobre Arquitetura e Construção com Terra e Paisagem Urbana.

Karenina Cardoso Matos: Arquiteta e Urbanista, Especialista em Meio Ambiente, Mestre em Arquitetura, Doutoranda em Urbanismo pela Universitat Politècnica de Catalunya-UPC, Barcelona, Espanha. Professora do Departamento de Construção Civil e Arquitetura da Universidade Federal do Piauí - UFPI. Coordenadora do Laboratório Urbano da Paisagem – LUPA, da UFPI.

VERIFICAÇÃO DO COMPORTAMENTO DE MINI PAREDES EXECUTADAS COM BLOCOS DE TERRA CRUA ESTABILIZADA, SUBMETIDAS À AÇÃO DE CICLOS SUCESSIVOS DE CALOR E CHOQUE TÉRMICO

Ana Beatriz R. Egypto Queiroga¹; Elisângela Pereira da Silva²; Aluísio Braz de Melo³; José Gonçalves de Almeida⁴

¹ Departamento de Arquitetura e Urbanismo, UFPB, João Pessoa - Paraíba, anabeatrizqueiroga@yahoo.com.br

² Departamento de Arquitetura e Urbanismo / PPGAU-Programa de Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo, UFPB, João Pessoa – Paraíba, elisangellapereira@yahoo.com.br

³ Departamento de Arquitetura e Urbanismo / PPGAU-Programa de Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo / PPGECA - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, João Pessoa - Paraíba, aluisiobmelo@hotmail.com

⁴ Departamento de Engenharia Mecânica, UFPB, João Pessoa - Paraíba, – jga@ct.ufpb.br

Palavras-chave: vedações, terra crua, choque térmico.

Resumo

A tecnologia que utiliza blocos de terra crua nas vedações deve prever proteções contra a incidência de umidade diretamente nas superfícies, como medida para garantir o seu bom desempenho. Para contribuir no processo de avaliação do sistema de proteção das superfícies, através de ensaios com amostras reduzidas, esse trabalho apresenta um estudo com mini paredes (60 cm x 60 cm). Nesse caso, o objetivo é avaliar o desempenho de mini paredes, utilizando blocos de terra crua estabilizada (mecanicamente por prensagem e quimicamente por adição de cimento Portland – tijolos de solo-cimento), frente à ação de ciclos contínuos de aquecimento e resfriamento, comparando o desempenho entre amostras com e sem pintura superficial a base de resina acrílica impermeabilizante. Os ensaios foram realizados de acordo com a metodologia prevista na NBR 15575-4 (ABNT, 2013), utilizando uma câmara em escala reduzida, programada para realizar 10 ciclos contínuos de aquecimento e resfriamento, através de um sistema automatizado. Este ensaio possibilita verificar se após tais ciclos de calor seguidos imediatamente de molhagem com água, as vedações irão apresentar fissuras, trincas ou outras patologias, ou seja, se vai ocorrer algum desgaste que afetará a durabilidade da vedação e se ocorrerão alterações no desempenho do sistema de alvenaria com proteção superficial. Com a execução de ensaios preliminares, os resultados demonstraram que a resina acrílica impermeabilizante é eficaz frente à simulação da ação das intempéries, evitando a ocorrência de patologias e protegendo contra a umidade. Ressalta-se o carácter inovador do presente estudo, que diferentemente das pesquisas já existentes, os 10 ciclos de choque térmico foram realizados de forma contínua, através do projeto de automação da câmara de ensaio. Além disso, o reduzido tamanho das amostras avaliadas constitui também um diferencial importante. Caso o procedimento se mostre potencialmente válido, será possível comprovar a eficácia dos ensaios com uso de mini paredes, possibilitando economia no uso de materiais durante os experimentos.

1.INTRODUÇÃO

Na literatura as construções com terra são conhecidas como as mais antigas na humanidade. Ao longo dos tempos a terra, como material de construção, vem sendo utilizada de diversas maneiras e incorporando novas tecnologias, tal como, a terra prensada estabilizada com aglomerante hidráulico. O tijolo prensado é uma das técnicas cujo desenvolvimento da primeira prensa manual (conhecida como CINVA-RAM) ocorreu em meados do século passado, pelo pesquisador colombiano G. Ramires (Barbosa; Ghavami, 2010). Atualmente, sabe-se que existem mais de vinte técnicas de construção com terra, além de suas variantes locais (Barbosa; Ghavami, 2010).

Contudo, na tecnologia de construção com terra, visando garantir o seu bom desempenho, em geral, há de se ter preocupações em relação à incidência de umidade diretamente nas superfícies das paredes. Apesar do uso de vedações executadas com blocos de terra crua estabilizada com prensagem e pequenos teores de cimento Portland apresentar vantagens, em relação às outras técnicas, as preocupações com a incidência direta da umidade nas superfícies dessas paredes persistem.

Como afirma Sabbatini (2002), uma vedação vertical deve cumprir adequadamente as funções para a qual é projetada e construída, sendo necessário atender a diversos requisitos e critérios de desempenho. Para isso, é importante verificar o comportamento de vedações verticais, tendo como base as normas da ABNT vigentes. Neste sentido, vale destacar a norma de desempenho de edifícios habitacionais NBR 15575 (ABNT, 2013), que na sua parte 4 trata especificamente dos sistemas de vedações verticais.

No presente trabalho interessa os sistemas de vedações verticais externos, expostos à ação de variações térmicas, pois são as que se encontram expostas às intempéries, tais como a ação da chuva e do sol. Entre os ensaios previstos na NBR 15575-4 (ABNT, 2013), interessa aquele que possibilita verificar se após ciclos de calor, seguidos de molhagem com água, as amostras apresentam fissuras, trincas ou outras patologias que afetam a durabilidade da vedação em análise. Nesse tipo de avaliação se verifica também se ocorrem alterações no desempenho do sistema de vedação, decorrente da movimentação diferenciada entre os materiais.

Portanto, procurou-se verificar o comportamento de vedações verticais externas, executadas com blocos de terra crua estabilizada (mecanicamente por prensagem e quimicamente por adição de cimento Portland), expostas à ação de calor e choque térmico. Nesse caso, os ensaios considerados inovadores, por utilizar mini paredes (amostras reduzidas de um sistema de vedação vertical), procuram simular de forma contínua a ação da chuva e do sol, sobre elas. Adotou-se a variável de aplicação de resina acrílica impermeabilizante em uma das amostras para avaliar a eficiência do sistema de proteção contra a incidência direta da umidade.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Alguns aspectos destacam-se pela relação direta com movimentações térmicas e variação dimensional dos materiais de construção, com a ação da água e temperatura nas paredes com terra crua e com a umidade relativa do ar controlada por paredes com terra crua. Segundo Thomaz (1989), os elementos e componentes de uma construção estão sujeitos a variações de temperatura, sazonais e diárias, que repercutem na variação dimensional (dilatação ou contração) dos próprios elementos e componentes. Essa dilatação/contração é restringida pelos diversos vínculos que envolvem os elementos e componentes, ocasionando níveis de tensões, que podem provocar o aparecimento de fissuras. Thomaz (1989) afirma ainda que as movimentações de um dado material estão relacionadas com as propriedades físicas do mesmo e com a intensidade da variação da temperatura. Ao abordar sobre a magnitude das tensões desenvolvidas afirma que ela é função da intensidade da movimentação, do grau de restrição imposto pelos vínculos a esta movimentação e das propriedades elásticas do material.

Nos ensaios propostos, certamente as movimentações de dilatação e contração dos materiais presentes nessas vedações são realçadas. Neste sentido, é interessante investigar os efeitos das variações bruscas de temperatura que podem resultar em fissuras nos elementos componentes das paredes ou na interface entre eles. Ao se tratar especificamente das construções com terra crua, sabe-se que as principais patologias estão relacionadas à ação da água. Em geral, as ocorrências são provenientes da incidência direta da água da chuva nas vedações verticais externas ou a partir do solo, por capilaridade, devido ao contato direto das vedações com a fundação. Nestes casos, a ação da umidade provoca a perda de coesão do material constituinte das paredes com terra e provocam degradação. Da mesma forma, as elevadas amplitudes térmicas, responsáveis por ciclos de expansão e contração do material também contribuem para a degradação das

paredes com terra. Mais uma vez, os ensaios de simulação de variações bruscas de temperatura e umidade são importantes para investigar o comportamento de vedações confeccionadas com terra crua. No caso de blocos de terra crua estabilizada espera-se uma maior resistência frente a tais fenômenos.

Vale lembrar que entre os autores parece haver consenso sobre medidas para reduzir a vulnerabilidade das paredes com terra crua. Em geral, para proteger as paredes com terra crua da chuva deve-se aplicar revestimento e executar uma proteção com beiral mais largo. Não se deve esquecer que o princípio básico para reduzir a ação da umidade proveniente do solo nas construções com terra crua é evitar o contato direto entre as paredes e o solo (Gonçalves, 2005).

Outro aspecto importante para construções com terra crua é destacado por Minke (2000) ao afirmar que são benéficas para a saúde do homem. O autor relata que em um experimento realizado em dois ambientes idênticos (volume igual a 90 m^3 , sendo 30 m^2 de parede), construídos com paredes com terra crua e com tijolos cerâmicos convencionais, respectivamente, a relação dessas paredes com a umidade relativa do ar é extremamente diferente. Ou seja, quando a umidade relativa do ar passa subitamente de 50% para 80%, se as paredes são de tijolos com terra crua, elas podem absorver até 9 litros de água em 48 horas, ao passo que se as paredes são com tijolos cerâmicos elas absorvem apenas 0,9 litros de água, no mesmo período. Quando ocorre o contrário, isto é, quando a umidade relativa do ar diminui, as paredes com terra crua liberam a umidade absorvida para o ambiente. Então, Minke (2000) ao considerar que para ter um ambiente saudável a umidade relativa do ar deve estar entre 40% e 70%, ele conclui que as edificações construídas com terra crua são benéficas à saúde do homem. Esse é um aspecto importante a ser considerado ao se pensar nas proteções das paredes executadas com terra crua, visando torná-las menos vulnerável frente à ação direta da água, uma vez que poderá se adotar medidas (ex.: revestimentos) que prejudiquem o desejável e saudável fenômeno apontado por Minke.

Em relação ao método adotado nos ensaios de calor e choque térmico em paredes destacam-se dois estudos de casos bem distintos daqueles realizados no presente trabalho. Miranda (2000) procurou avaliar o desempenho de revestimentos argamassados com incorporação de entulho reciclado, utilizando os resultados de ensaios de calor e choque térmico, baseados no método do IPT (1998). No seu estudo, foram confeccionadas 15 paredes com dimensões iguais a $1,30 \text{ m} \times 2,35 \text{ m}$ (largura x altura), executadas com blocos de concreto convencional, sobre os quais foram aplicados diferentes tipos de revestimentos que se desejava avaliar. O ensaio foi realizado através de 10 ciclos descontínuos, utilizando como fonte de calor um painel radiante e, como estratégia para resfriamento, um dispositivo em tubo de PVC perfurado, para aspersão da água na superfície da parede revestida. O tubo de PVC perfurado foi fixado junto ao topo das paredes ensaiadas. As operações de aquecimento e resfriamento não foram realizadas de forma contínua e automatizadas, conforme proposto no presente trabalho. As temperaturas durante os ensaios foram medidas através de um termômetro a laser. Os resultados obtidos revelaram que o choque térmico influenciou no surgimento de fissuras nos revestimentos. Porém, essa influência ocorreu de formas distintas, de acordo com as propriedades do revestimento. Nos revestimentos que possuíam maiores teores de finos prevaleceu a ocorrência de fissuras visíveis ao invés de microfissuras. Já nos revestimentos com baixo teor de finos, a maior ocorrência foi de microfissuras, perceptíveis apenas através de umedecimento superficial dos revestimentos, isto se atribui principalmente às diferentes resistências à tração e módulos de elasticidade dos revestimentos.

Vilató e Franco (2005) desenvolveram um amplo estudo com alvenaria estrutural analisando a influência do tipo de junta no comportamento da alvenaria frente às variações de temperatura. Neste estudo, foi testada a resistência à penetração da água de chuva numa parede em duas situações distintas. Primeiramente com um revestimento que não tinha sofrido nenhuma ação do meio ambiente e depois com este revestimento tendo sido submetido a vários ciclos de choque térmico. Também foram medidas as variações

dimensionais do elemento parede frente a sucessivas variações de temperatura. Como fez Miranda (2000), os autores também utilizaram o método do IPT (1998) para esse ensaio, mas com pequena variação na etapa de resfriamento das paredes, no qual utilizou um rolo de espuma com água para reduzir a temperatura até 20°C. As operações de aquecimento foram realizadas através da colocação de um painel radiante próximo à parede proporcionando a elevação da temperatura superficial até alcançar 80°C, conforme previsto no método. Este estudo foi executado de maneira descontínua e não automatizada. Os resultados obtidos revelaram que o tipo de junta vertical entre componentes não compromete a resistência à penetração da água de chuva da alvenaria. Por outro lado, há indicações de que uma parede com juntas secas tem uma maior capacidade de acomodar as deformações que sofre ao ser submetida a variações de temperatura.

3. METODOLOGIA

A presente pesquisa, de caráter experimental, busca a verificação do comportamento de vedações verticais externas, submetidas a ciclos sucessivos de aquecimento e resfriamento brusco (choque térmico), sendo os ensaios realizados com amostras de pequenas dimensões no interior de uma câmara de ensaio adaptada. A referida câmara possibilita a realização dos ensaios da seguinte forma: O aquecimento é obtido por radiação gerada através de um painel composto por lâmpadas incandescentes, totalizando uma potência de 1900 W (figura 1a) e o resfriamento por aspersão com água realizada através de uma tubulação horizontal em CPVC perfurada que permitiu a completa molhagem das amostras (figura 1b). Vale destacar que foram feitos isolamentos entre os dois lados das amostras para que, durante a realização do ensaio, as molhagens só atingissem a face exposta. A câmara de ensaio possui um sistema que possibilita a realização, de forma automática e ininterrupta, dos 10 ciclos aquecimento e resfriamento. Para isto, foram realizados diversos testes exploratórios a fim de ajustar o sistema, de modo a estabelecer a duração dos 10 ciclos, de acordo com a NBR 15.575-4 (ABNT, 2013). Portanto, para a realização do ensaio de forma automática e ininterrupta, teve-se que fazer uma adaptação no tamanho das amostras para compatibilizar ao tamanho da câmara de ensaio utilizada (figura 1c).

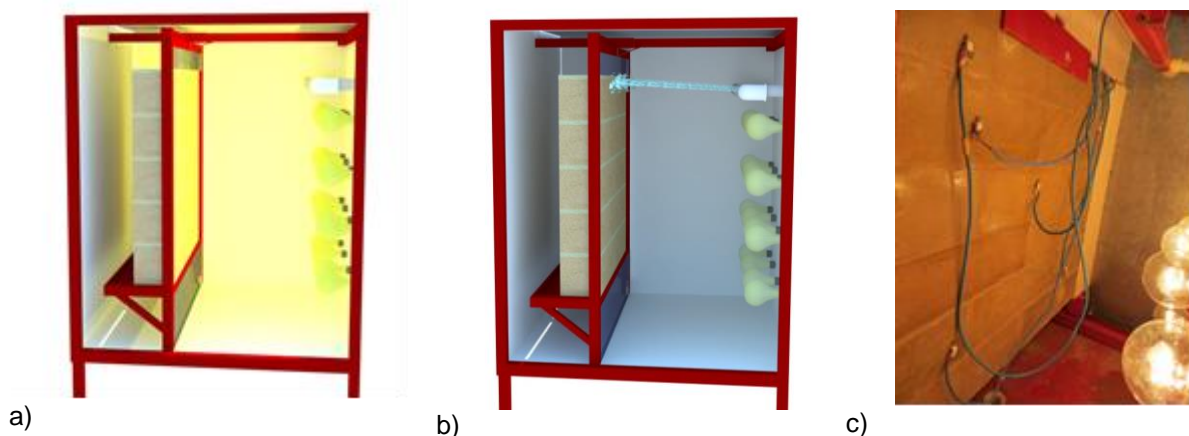


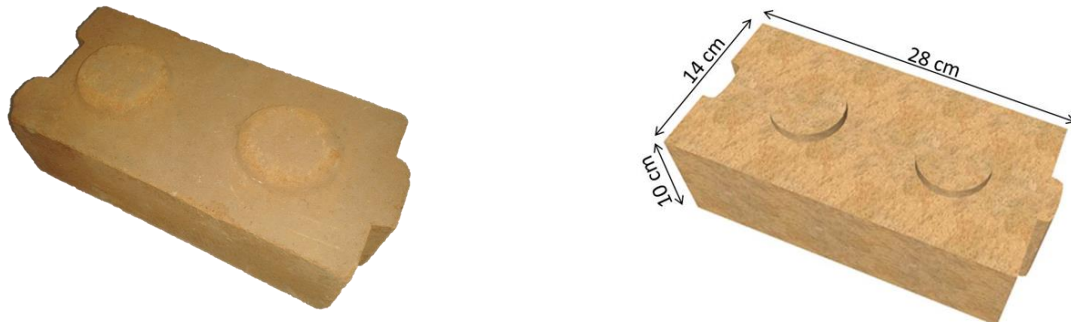
Figura 1– Câmara de ensaio. a) Modelo digital da câmara de ensaio com a amostra submetida ao calor; b) Modelo digital da câmara de ensaio com a amostra submetida a choque térmico (molhagem); c) Mini parede de solo cimento posicionada na câmara de ensaio.

Para realização dos ensaios foram confeccionadas duas amostras de paredes utilizando blocos de terra crua estabilizada, sendo que uma delas recebeu, na superfície exposta à molhagem, pintura impermeabilizante e incolor, com resina acrílica emulsionável, cuja composição inclui: dióxido de titânio, espessantes, dispersantes e conservantes.

As paredes, com dimensões de 14 cm x 60 cm x 60 cm (largura x altura x comprimento), foram executadas a partir da utilização de blocos de terra crua estabilizada disponíveis no laboratório, produzidos em prensa manual, com dimensões de 14 cm x 10 cm x 28 cm (largura x altura x comprimento) conforme figuras 2a e 2b. Os blocos possuem as seguintes

características: Massa do bloco = 5,35 kg; Absorção de água média aos 7 dias = 11%; Resistência à compressão média aos 7 dias = 2,07 MPa.

Com relação às características dos materiais empregados, utilizou-se um solo com 64% de areia, 35% de silte + argila e 1% de pedregulho, limite de liquidez 22% (NBR 6459 ABNT, 1984a), limite de plasticidade 18% (NBR 7180 ABNT, 1984b), índice de plasticidade 4% (NBR 7180 ABNT, 1984b); o cimento utilizado foi o Portland CP II Z 32 RS (Melo et al., 2011).



a) b)
Figura 2 – Bloco de terra crua estabilizada. a) Imagem do bloco de terra crua evidenciando seus encaixes; b) Modelo digital do bloco com dimensões.

A instrumentação das paredes foi realizada através da utilização de cinco sensores de temperatura, instalados na superfície que simula a face externa da alvenaria. Os sensores de temperatura são termopares do tipo T (cobre + constantan) que foram conectados a um sistema de aquisição de dados (840AMX), o que possibilitou a coleta das informações, que confirmam o padrão das temperaturas atingidas em todos os ciclos de aquecimento e resfriamento.

Conforme a metodologia prevista na NBR 15575-4/2013, as mini paredes foram submetidas a 10 ciclos automáticos e alternados entre calor e aspersão com água, a fim de produzir o choque térmico, constituindo cada ciclo das seguintes etapas:

- A face exposta da amostra foi submetida à radiação de calor até atingir a temperatura superficial igual a $80^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ (essa etapa teve duração de 1 hora), sendo mantida nesta temperatura por 1 hora, totalizando períodos de radiação de 120 minutos por ciclo;
- Imediatamente após a supressão da radiação de calor a amostra foi molhada (choque térmico) por 15 minutos até a mini parede atingir a temperatura superficial igual a $27^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$. De acordo com a NBR 15575-4/2013, a molhagem da amostra deve durar até a temperatura superficial da mesma atingir $20^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$, porém devido ao fato de que na cidade de João Pessoa-PB, a temperatura natural da água se mantém em torno de $25^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$, optou-se por utilizar esta última temperatura como parâmetro, que também caracteriza o desejado choque térmico.

Os ensaios foram realizados com mini parede com pelo menos 28 dias de idade, desde sua confecção. Para cada mini parede foram realizadas duas pesagens, uma antes e outra imediatamente ao final dos 10 ciclos de calor e choque térmico, de modo que a partir da diferença de massas se calculou a absorção de água de cada amostra.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As temperaturas obtidas na face exposta das paredes estão representadas graficamente na figura 3. O sistema de automação da câmara térmica permitiu um controle das temperaturas em função da duração dos ciclos. Desta forma, ambas as amostras (sem e com aplicação da resina acrílica impermeabilizante) obtiveram o mesmo padrão de variação de temperatura. Como programado, o ciclo de calor que compreende o aquecimento da mini parede até atingir a temperatura de $80^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ teve 60 minutos de duração, em seguida

permaneceu por mais 60 minutos nesta temperatura (período de estabilização), até ser resfriada por 15 minutos (choque térmico), atingindo uma temperatura superficial de $27^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$, totalizando 135 minutos por ciclo. Dessa forma, para os 10 ciclos completos a duração total do ensaio teve uma duração de 1350 minutos (figura 3).

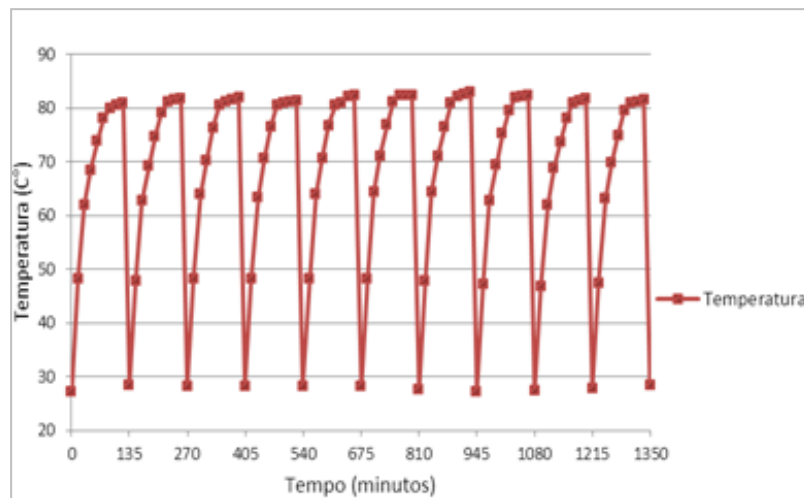


Figura 3 – Gráfico com as temperaturas obtidas nos 10 ciclos de calor e choque térmico nas mini paredes ensaiadas

Através de análises visuais realizadas antes e depois dos 10 ciclos do ensaio, as superfícies das amostras foram observadas a fim de identificar quaisquer modificações (patologias) decorrentes dos ensaios. Este procedimento foi efetuado com ambas as amostras. Na figura 4 estão ilustradas as mini paredes antes do ensaio, apresentando a mini parede sem aplicação da resina (figura 4a) e com aplicação da resina (figura 4b). Vale ressaltar que por ser incolor a visualização da resina só é percebida devido à incidência da iluminação artificial.

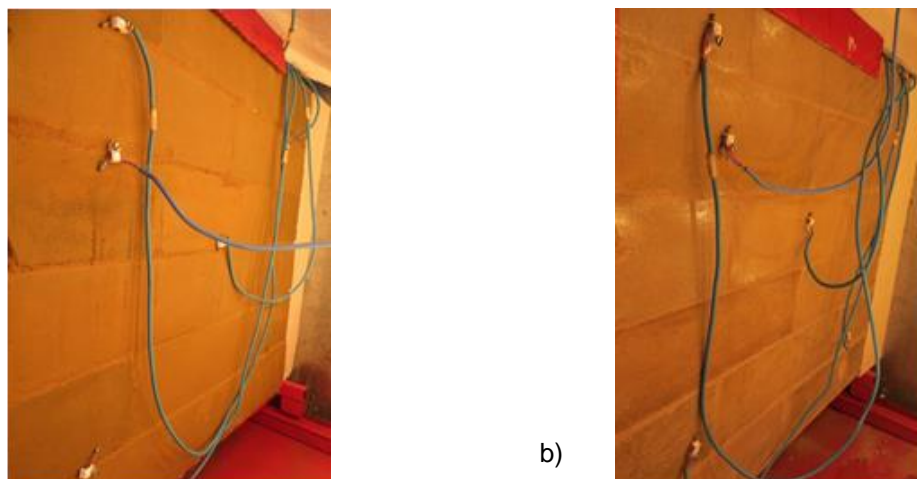


Figura 4 – Mini paredes com blocos de terra crua antes dos ensaios de calor e choque térmico. a) Amostra sem impermeabilização; b) Amostra impermeabilizada com resina acrílica.

Na figura 5 estão ilustradas as mini paredes imediatamente após a realização do ensaio, mais precisamente logo após a conclusão do último ciclo (últimos 15 minutos de molhagem). Na amostra sem aplicação da resina acrílica impermeabilizante, verificou-se que não houve a ocorrência de fissuras e trincas, porém pode-se observar a absorção de água uniformemente em toda a superfície exposta à molhagem (figura 5a), resultando numa cor uniforme. Para essa mesma amostra, na face oposta à face ensaiada foram identificados pontos com umidade, algumas vezes coincidentes com as juntas dos blocos (figura 5b), indicando que a ausência da aplicação da resina acrílica impermeabilizante possibilitou a passagem da umidade de uma face à outra da mini parede.

Na amostra com aplicação da resina acrílica impermeabilizante, também não houve a ocorrência de fissuras e trincas, mas ela se mostrou menos permeável, sem a ocorrência de pontos com umidade na face oposta à face ensaiada. No entanto, destaca-se que alguma fragilidade na aplicação da resina permaneceu nas juntas dos blocos, na medida em que ao final do ensaio se constatou pequenas manchas de umidade nas juntas dos blocos na face exposta (figura 5c) ao calor e choque térmico.

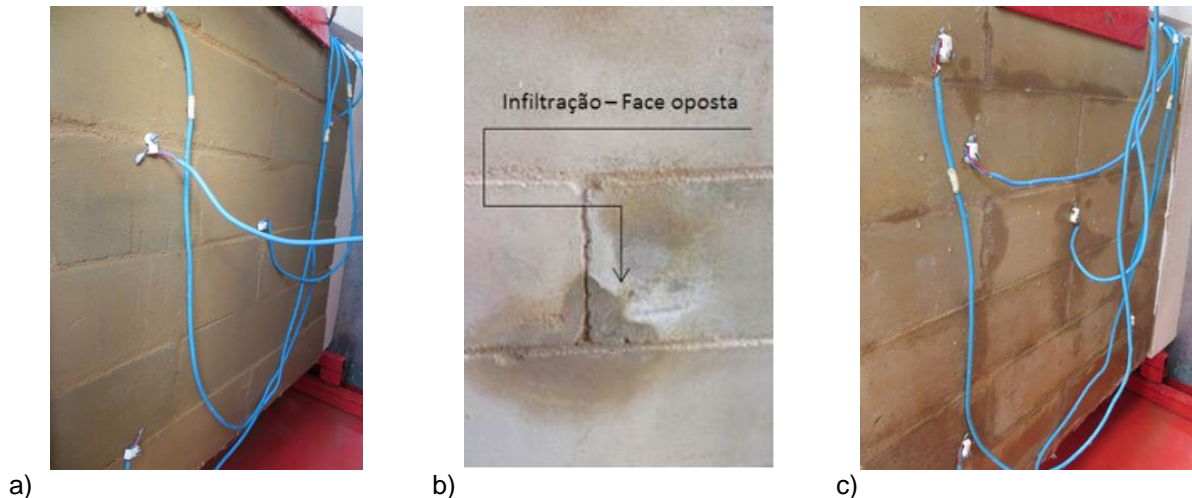


Figura 5 – Mini paredes com blocos de terra crua após os ensaios de calor e choque térmico. a) Face exposta da amostra sem resina totalmente úmida; b) Face oposta da amostra sem resina com detalhe da umidade, que atravessa através da junta; c) Face exposta da amostra com resina com pequenas manchas de umidade nas juntas, que não atravessam até a face oposta.

O indicador que confirma o efeito do tratamento com aplicação de resina impermeabilizante na superfície de uma das amostras foi a diferença na absorção de água entre as mini paredes, após os respectivos ciclos do ensaio. A amostra sem aplicação da resina acrílica impermeabilizante apresentou massas, inicial e final, iguais a 74,95 kg e 80,1 kg, respectivamente, resultando numa absorção de água de 6,9%. Por outro lado, a amostra com aplicação de resina acrílica impermeabilizante apresentou massas, inicial e final, iguais a 75,3 kg e 77,7 kg, respectivamente, equivalendo a uma absorção de água de 3,2%. Desta forma, a amostra impermeabilizada com resina acrílica teve absorção de água 46,5% menor do que a amostra sem resina.

Os resultados do deslocamento horizontal após 45 minutos da estabilização da temperatura superficial em $(80 \pm 3)^\circ\text{C}$ e imediatamente após o resfriamento, cujas medições estão previstas na NBR 15575-4/2013, foram inconsistentes e, portanto, não foram considerados na análise das amostras aqui realizadas.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados encontrados, pode-se afirmar que ambas as amostras confeccionadas com blocos de terra crua estabilizada obtiveram um desempenho satisfatório frente à ação de ciclos de aquecimento e resfriamento, visto que as mini paredes não apresentaram fissuras, trincas ou outras patologias. Considerando-se a avaliação visual das manchas de umidade superficial nas paredes e os cálculos de absorção de água pelas duas amostras, após serem submetidas ao ensaio, pode-se destacar os seguintes pontos:

- A resina acrílica aplicada na parede se mostrou eficiente do ponto de vista da sua resistência ao aquecimento e resfriamento brusco, com destaque frente à umidade, o que pode ser uma situação interessante de proteção das paredes externas aparentes das edificações construídas com blocos de terra crua.
- A significativa redução da absorção de água para a mini parede que recebeu a aplicação da resina acrílica impermeabilizante pode ser importante indicativo para proteger as partes de paredes externas aparentes com blocos de terra crua sujeitas a ciclos de molhagem (no caso de chuvas) e secagem (incidência direta do sol).

- O reduzido tamanho das amostras avaliadas nesse estudo constitui um diferencial importante, enquanto um procedimento que pode economizar materiais durante os experimentos e, ao mesmo tempo, possibilitar avaliações amplas com vários tipos de blocos para paredes externas, tipos de impermeabilizantes, tipos de revestimentos etc.

Neste contexto, ressalta-se o carácter inovador do presente estudo, que diferentemente das pesquisas já existentes, os 10 ciclos de calor e choque térmico foram realizados de forma contínua, através do projeto de automação da câmara de ensaio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575-4. *Edificações habitacionais — Desempenho. Parte 4; Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas — SVVIE*. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6459. *Determinação do limite de liquidez*. Rio de Janeiro: ABNT, 1984a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7180. *Determinação do limite de plasticidade*. Rio de Janeiro: ABNT, 1984b.

BARBOSA, N. P.; GAHAVAMI, K. (2010). *Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais*. São Paulo: IBRACON, vol. 2, pp. 1505-1557.

GONÇALVES, J. S. (2005). *Contribuição para a normalização da alvenaria estrutural com o uso de tijolos de terra crua para construções urbanas*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da Paraíba- Curso de Pós Graduação em Engenharia Urbana. João Pessoa, 148 p.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. *Critérios mínimos de desempenho para habitações térreas de interesse social*. São Paulo, IPT, 1998. 82 p.

MELO, A. B.; BARBOSA, N. P.; LIMA, M. R. F.; SILVA, E. P. (2011). Desempenho estrutural de protótipo de alvenaria construída com blocos de terra crua estabilizada. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 11, n. 2, p. 111-124.

MINKE, G. (2000). *Earth construction handbook: The building material earth in modern architecture*. [S.I.] WIT Press

MIRANDA, L. F. R. (2000). *Estudo de fatores que influem na fissuração de revestimentos de argamassa de entulho reciclado*. Dissertação (Mestre em Engenharia) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 190 p.

SABBATINI, F. H. (2002). *Vedações verticais— conceitos básicos*. Notas de aula TG004, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

THOMAZ, E. (1989). *Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação*. São Paulo: PINI, 194 p.

VILATÓ, L. R.; FRANCO, L. S. (2005). *Resistência à penetração da água de chuva da alvenaria estrutural*. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP. São Paulo, EPUSP, 15 p.

AUTORES

Ana Beatriz R. Egypto Queiroga – Possui o Curso Técnico em Edificações pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (2009), realizou intercâmbio na Faculdade de Belas Artes - Universidade do Porto, Portugal (2010). Atualmente é graduanda do Curso de Arquitetura e Urbanismo na Universidade Federal da Paraíba e bolsista de Iniciação Científica (PIBIC/CNPq).

Elisângela Pereira da Silva - Possui graduação em Engenharia Civil pela UFPB (1999) e mestrado em Engenharia Agrícola pela UFCG (2003). Doutorado em Engenharia Mecânica pela UFPB (2010).

Atualmente bolsista PRODOC, atuando como pesquisador e professor visitante no curso de Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, na Universidade Federal da Paraíba.

Alúcio Braz de Melo - Possui graduação em Arquitetura pela UFPB (1983), mestrado em Arquitetura pela Escola de Engenharia de São Carlos/USP (1996), doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais pela Inter unidades IFSC, IQSC e EESC da Universidade de São Paulo (2000) e Pós-Doutorado realizado no Laboratório Nacional de Engenharia Civil - LNEC em Lisboa - Portugal (2008/2009). Atualmente é professor associado do Departamento de Arquitetura, na Universidade Federal da Paraíba.

José Gonçalves de Almeida - Possui graduação em Engenharia pela Universidade Federal da Paraíba (1971) e mestrado pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (1975). Atualmente é professor adjunto IV da Universidade Federal da Paraíba. Tem experiência na área de Engenharia Mecânica, com ênfase em Projetos de Máquinas.

**TIJOLO DE SOLO-CIMENTO COM INCORPORAÇÃO DE RESÍDUO DE COURO:
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DAS MISTURAS****Carol F. Rezende Santos¹; Rita de Cássia S. Sant'anna Alvarenga²; Benício Costa
Ribeiro³; Roseli O. Guedes Martins⁴; Charles Luís da Silva⁵**Departamento de Engenharia Civil, Centro de ciências exatas e tecnológicas, Universidade Federal de Viçosa –
¹carolrlieb@gmail.com; ²rcassia.alvarenga@gmail.com; ³benicio.sje@gmail.com;
⁴roseli.ogm@gmail.com; ⁵charles.silva@ufv.br**Palavras-chave:** tijolo de solo-cimento, resíduo de couro, resíduo na construção civil, solo e resíduo, material de construção.**Resumo**

Os resíduos provenientes das mais diversas formas de produção apresentam-se hoje, como um grave problema urbano devido a destinação incorreta a qual estão submetidos. Sendo em sua grande maioria destinados a lixões ou terrenos baldios gerando assim um impacto negativo no meio ambiente. O reaproveitamento destes resíduos como matéria-prima na confecção de novos produtos da construção civil se configura como uma alternativa para minimização do impacto gerado pelo descarte incorreto. Dentro deste contexto este trabalho analisa a possibilidade de incorporação do resíduo proveniente da indústria do couro ao solo-cimento. O resíduo em questão trata-se do pó de couro proveniente da etapa de acabamento que possui em sua constituição o elemento químico cromo trivalente (Cr^{+3}) que caso passe a sua forma hexavalente torna-se cancerígeno. Para tal realizou-se dosagens nas proporções de 10%, 15%, 20% e 30% de pó de couro em relação ao volume de solo. Todas as misturas atenderam aos critérios da ABNT NBR 8491:1984 procedendo-se então, a prensagem dos tijolos. O traço base adotado na prensagem foi 1:10 (cimento: mistura) onde apenas o traço 1:9:1, que corresponde a dosagem de 10%, atendeu aos critérios de resistência e teor de absorção de água indicados na ABNT NBR 8491:1984. Para esta dosagem foram realizados também os ensaios de lixiviação e solubilização que classificaram o resíduo como classe II, não inerte. Os tijolos de solo-cimento com adição de 10% de pó de couro apresentam resultados que o qualificam para o uso na construção civil.

1. INTRODUÇÃO

Com o crescente desenvolvimento da humanidade, os recursos naturais têm sido amplamente utilizados, gerando grandes volumes de resíduos, muitas vezes, decorrentes das más cadeias produtivas. A reutilização dos resíduos tem sido apresentada como uma maneira de minimização do impacto gerado pela exploração de novas jazidas além de possibilitar uma diminuição de resíduos destinados aos aterros.

Dentro deste contexto, pode-se citar a indústria de couro, como um setor com alto potencial poluidor, pois, desde a pele esfolada até o produto acabado, ocorre a formação de resíduos perigosos (classe I), gerados principalmente durante a etapa de curtimento. É nesta etapa de beneficiamento que é largamente empregado o cromo (na forma de sulfato básico, $Cr(OH)SO_4$, forma trivalente), sendo este, metal pesado, que caso passe à forma hexavalente, é potencialmente danoso à saúde humana.

O sulfato básico em questão confere ao couro propriedades importantes e essenciais, como maleabilidade e durabilidade, propriedades estas que muitas vezes não são alcançadas através de outros processos de curtimento disponíveis. De acordo com o BNDS (Correa, 2005) contabiliza-se que, para cada couro curtido ao cromo, são gerados de 3 kg a 4 kg de serragem, as quais, considerando a produção brasileira de couro em 2003 de 35 milhões de couros, totalizam cerca de 125 mil toneladas de serragem ao ano.

Desta forma, pesquisadores procuram dar destino adequado às sobras, criando essencialmente alternativas tecnológicas e economicamente compatíveis com o volume produzido. Como exemplo podem-se citar os seguintes trabalhos realizados: Shih (2009)

que estudou a influência da adição de serragem de couro tratada quimicamente em argamassas de cimento Portland, bem como, Pinto (2001) que estudou técnicas de estabilização por solidificação do cromo proveniente de resíduos de couro em concreto de cimento Portland, Peres (2004) que estudou a viabilidade de utilização da serragem de couro, para fins de obtenção de um material alternativo de construção e ainda Fujikawa (2002) que estudou a incorporação dos resíduos de couro em materiais de construção civil. Até então os resultados encontrados não foram bons o suficiente para serem aplicados em uma larga escala. É neste contexto que se aplica este trabalho.

O resíduo de couro tratado utilizado neste trabalho diz respeito à serragem de couro que é obtida na etapa de uniformização da espessura da pele de couro, oriunda da máquina de rebaixar. Devido ao seu baixo peso específico, apresenta grande volume, sendo necessário, portanto, grandes áreas de estocagem.

Segundo Tachard (2006) é possível imobilizar o cromo usado no curtimento do couro e presente nos resíduos, utilizando uma matriz de cimento Portland, visto que ele possui características vantajosas como a capacidade de redução da solubilidade de elementos orgânicos, bem como possui elevada durabilidade no ambiente natural e, o principal, apresenta custo acessível.

Por outro lado, buscando-se soluções que apresentem menor custo, o teor de cimento na mistura couro-cimento deve ser a menor possível. Um dos tipos de associação tecnológica de baixo custo mais comum ao cimento, e que apresenta características como durabilidade e resistência, é a mistura solo-cimento. Este composto é obtido a partir de uma compactação do solo, a qual se acrescenta uma pequena quantidade de cimento, com a umidade denominada umidade ótima, sendo esta essencial para garantir o adensamento da mistura com maior resistência à compressão.

Note que este resíduo pode ser usado na produção de produtos de alto valor agregado como é o caso de concretos usinados ou, ainda, em peças pré-moldadas. Entretanto, visando produtos de baixo custo e a facilidade de se montar uma linha de produção sem grandes investimentos, torna-se economicamente interessante utilizar esse resíduo na fabricação de blocos e tijolos prensados manualmente. Dentro deste quadro, esse trabalho propõe investigar a possibilidade de produção de tijolos de solo-cimento com adição do resíduo de couro. Dentre outras motivações, tal alternativa foi sugerida visando à destinação adequada para um resíduo considerado perigoso, incorporando a um componente da construção civil, que pode ser feito manualmente, isto é sem tratamento prévio e mão de obra qualificada. Além disso, é uma alternativa que apresenta baixo custo de produção, sendo, portanto ideal para combater o volume de resíduos destinados aos aterros sanitários.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

No presente trabalho, pesquisou-se a associação da terra com a serragem de couro. Como não existem normas a respeito destas misturas, adotou-se que a mistura (solo+couro) deveria obedecer a ABNT NBR 10832:1989, que determina critérios para escolha do solo para prensagem dos tijolos, tendo em vista ser este o objetivo final deste projeto de pesquisa. Os critérios estão indicados a seguir:

- Passante na peneira ABNT 4, 8 mm: 100%
- Passante na peneira ABNT 0,075 mm: 10% a 50%
- Limite de liquidez: $\leq 45\%$
- Índice de plasticidade: $\leq 18\%$

Há ainda ensaios expeditos para seleção de solos que, segundo o CEPED (1984), podem ser usados em situações que não existe possibilidade de ser feita uma caracterização de solo em laboratório, sendo o ensaio da caixa o mais conhecido.

2.1 Caracterização dos materiais

Foi realizada a caracterização física e mecânica do solo, do resíduo e das misturas solo-couro, as quais se adicionaram diferentes teores de serragem de couro.

- Procedência e caracterização física da serragem de couro

O resíduo de couro é proveniente da produção de equipamentos de proteção individual (EPI), coletados da empresa Marluvas, situada em Dores de Campos – MG.

A serragem de couro utilizada neste estudo foi caracterizada quanto ao teor de umidade, análise granulométrica e densidade aproximada.

Para cálculo da densidade, a serragem foi colocada em 5 camadas em um recipiente de volume conhecido, sendo que, a cada camada, foi aplicada uma pressão com os dedos até que o couro se compactasse, reduzindo assim a variação de volume (equação 1).

$$\text{densidade aproximada} = \frac{\text{massa de couro}}{\text{volume do recipiente}} \quad \text{Equação 1}$$

O teor de umidade foi obtido colocando cerca de 50 g de couro em uma cápsula, que foi tampada e pesada. Após a remoção da tampa, a cápsula foi colocada em estufa a 105°C por um período de 24 horas. O recipiente foi então retirado da estufa recolocando a tampa e, então, depois de frio, foi pesado novamente. O teor de umidade foi obtido através da equação 2, descrita a seguir.

$$h = \frac{mbu - mbs}{mbs - m} * 100 \quad \text{Equação 2}$$

Onde:

h = teor de umidade (%)

mbu = massa bruta úmida + recipiente (com tampa) (g)

mbs = massa bruta seca + recipiente (com tampa) (g)

m = massa do recipiente (com tampa) (g)

A classificação granulométrica da serragem de couro foi obtida utilizando-se peneiras padronizadas pela ABNT. Por falta de normas de peneiramento da serragem, optou-se por seguir o mesmo procedimento utilizado para a fração fina do solo. Foram utilizados 500 g de serragem, colocados na peneira de forma que o volume não ultrapassasse 2/3 de sua altura. O sistema de peneira foi montado e agitado por 2 minutos. Após este período, pesou-se a quantidade de serragem retida em cada peneira.

- Procedência e caracterização das misturas solo-couro

O solo utilizado nas misturas solo-couro foi proveniente do Sítio Nô da Silva, em Cajuri, Minas Gerais.

Foram realizadas várias dosagens de mistura solo-couro, a fim de se encontrar uma que contenha maior porcentagem de couro e, ao mesmo tempo, atenda aos requisitos da ABNT NBR 10832: 1989 permitindo, desta forma, sua utilização em tijolos de solo-couro-cimento. Para tal, partiu-se de uma proporção base de 1:10 (cimento: mistura). As porcentagens, em volume, de misturas estudadas foram 0:100, 10:90, 15: 85, 20:80, 30:70 (couro:solo). Para caracterização física e mecânica do solo e das misturas, foram feitos os seguintes ensaios.

- Teor de umidade: O teor de umidade é obtido por meio da equação 2.
- Análise granulométrica conjunta: Foi realizado segundo a ABNT NBR 7181:1984.
- Limite de plasticidade: Obtido segundo a norma ABNT NBR 7180:1984.
- Limite de liquidez: Obtido conforme a norma ABNT NBR 6459:1984.
- Massa específica do solo: Obtido de acordo com a ABNT NBR 6508:1984.

- Ensaio de compactação: O ensaio foi realizado segundo a ABNT NBR 7182:1986.
 - Ensaio da caixa: Para este ensaio foi tomada uma porção de mistura destorroada, cerca de 4 kg, e foi acrescentada água até a mistura aderir a uma superfície metálica, com a colher de pedreiro. Em seguida, a mistura foi colocada em uma caixa com dimensões internas de (60 x 8,5 x 3,5) cm, previamente lubrificada com um desmoldante, no caso, o óleo diesel. Deixou-se a caixa moldada com a mistura à sombra por sete dias e, em seguida, foi medida a retração no sentido do comprimento (CEPED, 1984). A retração máxima aceita é de 2 cm.
- Cimento

O cimento utilizado foi o cimento Portland composto com escória, CP II E 32 TUPI.

2.2 Confeção e determinação das características físicas e mecânicas dos tijolos

- Dosagem das misturas solo-cimento-couro

As dosagens foram feitas em volume, obedecendo aos traços 1:9:1; 1:8,5:1,5; 1:8:2; 1:7:3 (cimento, solo, couro), misturados em betoneira. Primeiramente, misturou-se o solo com a serragem e, em seguida, com o cimento. O volume de água acrescentado foi calculado de modo a atingir a umidade ótima, obtida no ensaio de compactação. A mistura homogênea de cimento-solo-couro foi prensada e, em seguida, levada à sombra, para cura úmida, permanecendo por 7 dias.

- Resistência à compressão e absorção de água

Os ensaios para determinação da resistência à compressão e absorção de água foram executados conforme os procedimentos da norma ABNT NBR 10832:1994.

- Resistência à compressão simples

Os ensaios de compressão simples foram feitos de acordo com as condições da ABNT NBR 8491:1984. De acordo com a ABNT NBR 8491:1984, a amostra ensaiada não deve apresentar a média dos valores de resistência à compressão menor que 2,0 MPa, nem valor individual menor que 1,7 MPa. Para cada ensaio, foi utilizada uma amostragem de três tijolos.

- Ensaio de absorção

O ensaio de absorção de água foi realizado segundo a ABNT NBR 8491:1984. De acordo com a ABNT NBR 8491:1984, a amostra ensaiada não deve apresentar a média dos valores de absorção de água maior que 20% nem valores individuais maiores que 22%. Para cada ensaio, foi utilizada uma amostragem de três tijolos.

2.3. Ensaios de lixiviação e solubilização

Para os tijolos que contêm resíduo de couro foram realizados ensaios de lixiviação, para classificá-los como perigosos ou não perigosos. Caso o extrato lixiviado possua teor de cromo maior que o prescrito por norma, o resíduo é considerado perigoso. Caso contrário, é necessário efetuar o ensaio de solubilização, pois assim torna-se necessário classificá-lo como inerte ou não inerte. O ensaio de lixiviação foi realizado de acordo com a ABNT NBR 10005:2004 e o ensaio de solubilização realizado de acordo com ABNT NBR 10006:2004. Para cada ensaio, foram utilizados uma amostragem de três tijolos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir são apresentados os resultados da caracterização física e mecânica do resíduo, do solo e das misturas solo-couro.

3.1 Caracterização física da serragem de couro

A serragem de couro apresenta-se na forma de pó, que, compactado manualmente em um recipiente de 1,88 L, apontaram uma densidade aproximada de 0,3 g/cm³. Na tabela 1 são apresentados os resultados referentes aos teores de umidade obtidos para a serragem de

couro. Na figura 1 apresenta-se a curva granulométrica referente à fração grossa da serragem e na figura 2 é apresentada uma fotografia da serragem de couro estudada.

Tabela 1 – Teor de umidade da serragem de couro

Cápsula		42	F69	F87
Massa bruta úmida	g	34,11	37,88	40,19
Massa bruta seca	g	36,13	36,84	39,05
Tara da cápsula	g	27,45	27,80	29,20
Teor de umidade	%	11,29	11,50	11,57
Teor de umidade médio	%	11,46		

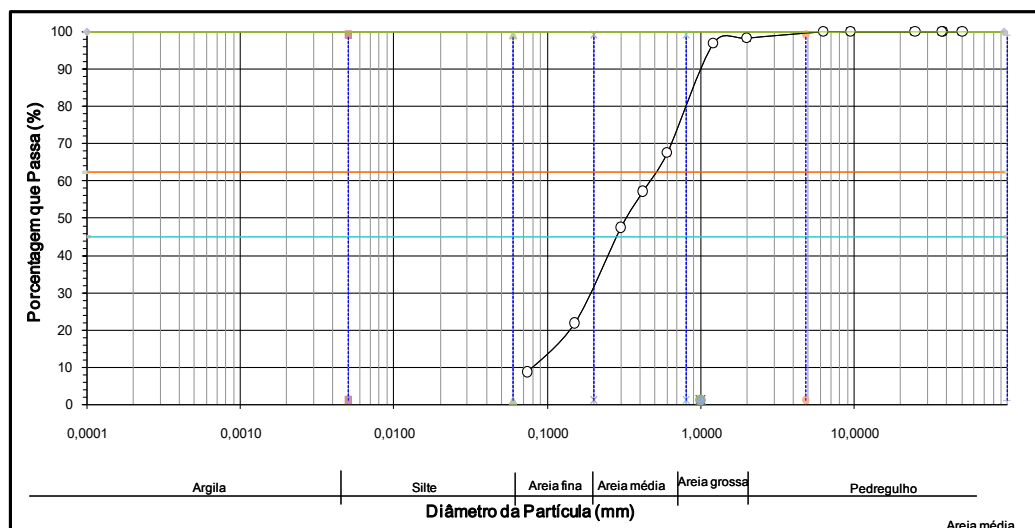


Figura 1: Determinação da granulometria da serragem de couro, para etapa relativa ao peneiramento



Figura 2: Aspecto do resíduo de couro estudado

Pode-se notar pela figura 1 que cerca de 60% da serragem apresenta diâmetro que varia de 0,6 mm a 0,074 mm, ou seja, apresenta dimensões próximas às da areia média à fina. A segunda maior dimensão das partículas presente na serragem de couro diz respeito à dimensão similar a dos grãos de areia grossa ($0,06 \text{ mm} < d < 2 \text{ mm}$ ABNT NBR 7181:1984), apresentando cerca de 30%. Para a fração fina do solo, não foi possível chegar a resultados conclusivos na etapa de sedimentação (que varia de 0,074 mm a 0,002 mm) visto que o couro, por ser um material heterogêneo, apresentava a cada instante um comportamento.

3.2 Caracterização física do solo e das misturas

Nas tabelas 2, 3 e 4 e nas figuras 3 e 4 são apresentados os resultados relativos à caracterização física do solo e das misturas solo-couro.

Tabela 2: Teor de umidade das misturas solo-couro

Dosagem	Proporção de couro (%)				
	0	10	15	20	30
Teor de umidade (%)	11,73	1,61	2,18	1,82	2,42

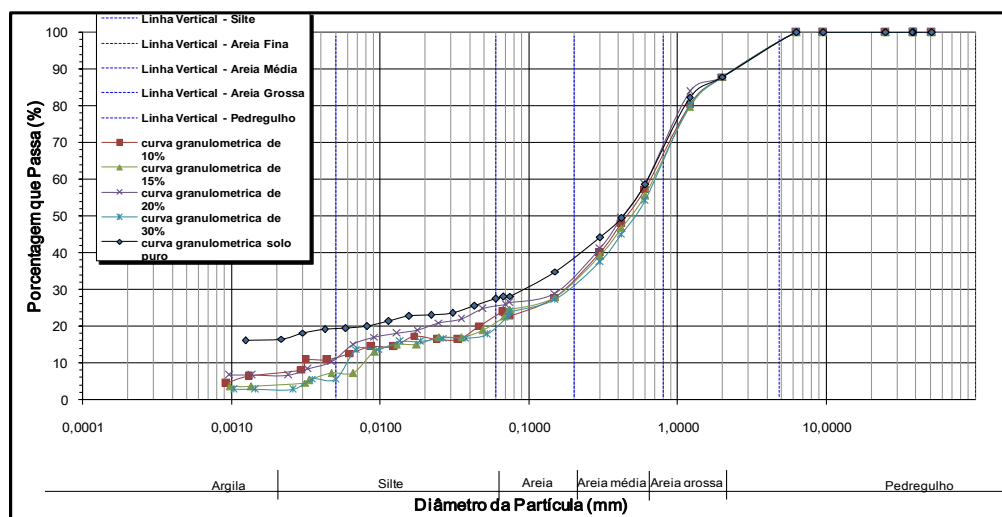


Figura 3: Análise granulométrica para todas as dosagens estudadas

De acordo com a distribuição granulométrica da serragem, constata-se que as partículas desta apresentam, em maior porcentagem, dimensões similares às partículas de areia média presentes no solo. Verifica-se que, à medida que é adicionada serragem ao solo, há mudança na fração fina da mistura (areia média, areia fina, silte e argila). Nota-se que o mesmo não ocorre na fração grossa, areia grossa e pedregulhos, o que era esperado em virtude da composição granulométrica da serragem. Ainda assim, segundo os critérios apresentados por CEPED (1984) e de acordo com a classificação da ABNT NBR 10832:1989, com relação à granulometria, as misturas estudadas são adequadas para utilização em solo-cimento.

Tabela 3: Resultados do LL, LP e IP

Dosagem	Proporção de couro (%)				
	0	10	15	20	30
Limite de plasticidade (%)	24	26	28	33	44
Limite de liquidez (%)	29	36	37	38	51
Índice de plasticidade (%)	5	10	9	5	7

Todas as misturas estão dentro dos critérios apresentados pela ABNT NBR 10832:1989, que estabelece o limite de liquidez e o índice de plasticidade iguais ou inferiores a 45% e 18% respectivamente.

Tabela 4: Resultados obtidos para o ensaio de massa específica dos sólidos

Dosagem	Proporção de couro (%)				
	0	10	15	20	30
Massa específica (g/cm ³)	2,787	2,722	2,652	2,602	2,452

Percebe-se que à medida que se adiciona serragem de couro à mistura, a massa específica dos sólidos tende a diminuir em função da substituição de um material mais pesado (solo), por um mais leve (couro). Note ainda que o limite de plasticidade aumenta à medida que se aumenta o teor de serragem na mistura.

A figura 4 indica que à medida que se adiciona serragem de couro, a massa específica aparente seca máxima tende a diminuir, ao passo que o teor de umidade ótima tende a aumentar.

As curvas das misturas com 10%, 15% e 20% de couro em relação ao volume de material inerte (solo+couro) possuem um comportamento mais achatado, o que indica pouca variação na massa específica aparente seca máxima nas proximidades do ponto ótimo, com relação ao teor de umidade. O mesmo não ocorre na curva com 30%, visto que esta apresenta um formato mais pontiagudo, indicando que qualquer variação na umidade é

capaz de provocar grandes mudanças no valor da massa específica aparente seca máxima. Esta mudança de tendência ocorre geralmente em solos mais arenosos.

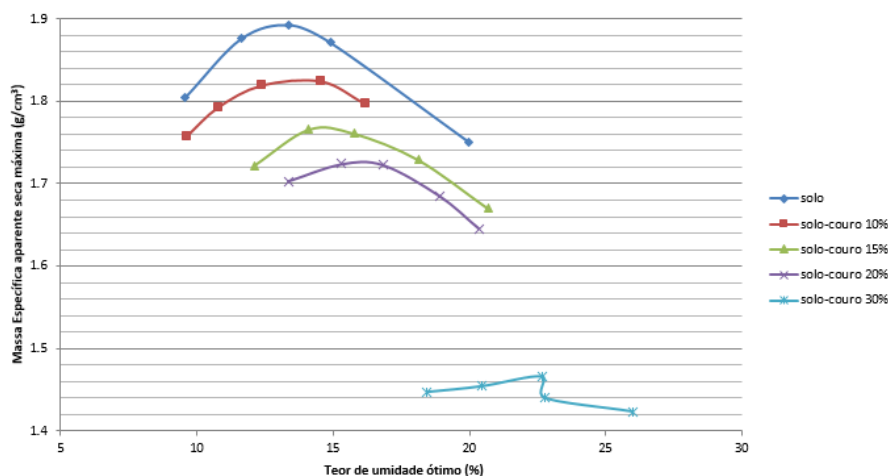


Figura 4: Curvas de compactação para todas as dosagens estudadas

O ensaio da caixa que mede retração do solo, determinando assim a possibilidade deste ser usado na fabricação de tijolos. O resultado obtido para a retração ocorrida em 7 dias foi: 1,3 cm para 0%; 1,4 cm para 10%; 1,5 cm para 15%; 1,6 cm para 20% e 1,7 cm para 30%. Nota-se que as misturas estudadas podem ser usadas para fabricação de tijolos de solo-cimento, visto que a retração foi menor que o limite de 2 cm.

3.3 Caracterização física e mecânica dos tijolos de solo-cimento-couro

Os valores de absorção de água para os tijolos aos 28 dias estão indicados na figura 5.

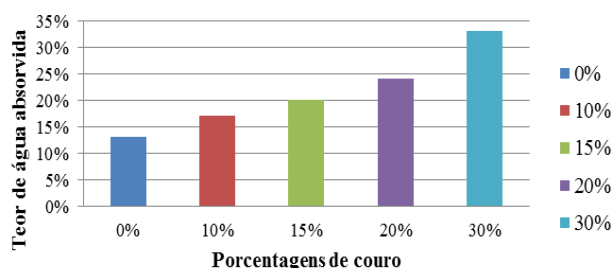


Figura 5- Absorção média dos tijolos solo-couro, com diversos teores de couro

Pela ABNT NBR 8491:1984, o teor de umidade médio deve ser inferior a 20%, enquanto que o individual deve ser menor que 22%. Logo, pela figura 5 as dosagens de 10% e 15% se encontram dentro dos limites estipulados pela norma.

Na figura 6 estão apresentados os resultados obtidos nos ensaios de resistência à compressão simples aos 28 dias para os tijolos nas proporções estudadas.

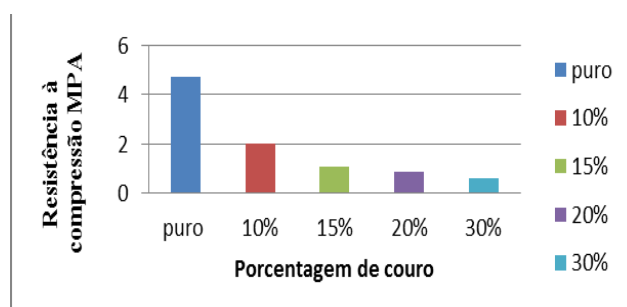


Figura 6 - Ensaio de resistência à compressão em tijolos de solo-cimento-couro, aos 28 dias.

Os tijolos de 30%, 20% e 15% de couro adicionado apresentaram resistência inferior a 2 MPa. Logo, apenas os tijolos com adição de 10% de couro atendem ao limite estabelecido

pela ABNT NBR 8491:1984. Esta perda de resistência ocorre devido à presença da serragem de couro no solo, visto que a serragem apresenta elevada deformabilidade e baixa resistência mecânica. Assim, foi observado durante os experimentos que os tijolos com maiores teores de serragem rompiam a uma carga menor e que, quando solicitados, se deformavam consideravelmente, voltando à forma inicial quando retirada a força de compressão.

3.4 Impacto ambiental do solo-cimento-couro

Através dos ensaios de lixiviação e solubilização é possível avaliar a insolubilidade do cromo no cimento Portland. Estes ensaios se mostram relevantes pelo fato dos resultados de resistência mecânica e absorção não certificarem a conformidade da adição do resíduo às amostras: mesmo que na resistência e absorção os resultados sejam satisfatórios, a impossibilidade de retenção do cromo nos tijolos pode ser um fator negativo a ser considerado. Na tabela 5 é possível verificar os teores de cromo encontrado nos tijolos.

Tabela 5 – Resultado do ensaio de lixiviação para amostras de tijolos de solo-cimento-couro.

Resultado do ensaio de lixiviação para as misturas												
ID	Porcentagem de couro	Cr mg/l	Cu mg/l	Mn mg/l	Fe mg/l	Ni mg/l	Cd mg/l	Pb mg/l	Zn mg/l	As mg/l	Ag mg/l	Ba mg/l
1	10%	3,920	0,034	7,510	2,776	0	0,007	0,789	0,443	0	0	10,804
2	15%	5,360	0,027	7,340	2,940	0	0,008	0,854	0,557	0	0	10,206
3	20%	7,900	0,026	7,140	3,478	0	0,010	0,751	0,600	0	0	10,757
4	30%	8,480	0,031	7,010	3,778	0	0,013	0,940	0,473	0	0	9,422

De acordo com a norma ABNT NBR 10004:2004, o limite máximo de cromo total aceito no extrato é de 5,0 mg de cromo por litro lixiviado. Como a quantidade de cromo total obtida nos ensaios para as dosagens com adição de 15%, 20% e 30% de couro foram maiores que o limite, as amostras são classificadas como 'perigosas'. Apenas a amostra relativa à adição de 10% de couro ficou abaixo dos 5 mg de cromo por litro lixiviado, sendo assim considerada 'não perigosa'. Neste caso, é necessária a realização do ensaio de solubilização para determinar se o produto é 'inerte' ou 'não-inerte'.

Tabela 6 – Ensaio de solubilização para amostra de 10%+90% (couro+solo)

Resultado do ensaio de solubilização para dosagem de 10 %												
ID	Cr mg/l	Cu mg/l	Mn mg/l	Fe mg/l	Ni mg/l	Cd mg/l	Pb mg/l	Zn mg/l	As mg/l	Ag mg/l	Ba mg/l	
1	1,389	0,109	0	0,008	0,137	0,001	0,103	0,011	0	0	1,588	
2	1,410	0,110	0	0,006	0,130	0,003	0,089	0,012	0	0	1,802	

Segundo a norma ABNT NBR 10004:2004, o teor máximo de cromo total permitido para que a amostra seja considerada inerte é de 0,05 mg por litro no extrato solubilizado. Para a amostra analisada este resultado foi de 1,41 mg/L (as duas determinações acima dizem respeito a amostra de 10%) porém este ensaio exige que seja feito, ensaio em duplicata, portanto o extrato lixiviado da amostra é considerada classe II A 'não inerte'. O Ph final para mistura de 10% foi de 10,91.

Os resíduos classificados como classe II A não inertes, apesar de não apresentarem periculosidade, podem ter propriedades, tais como: biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água. Desta forma, sob o ponto de vista ambiental e da literatura, apesar de não ser considerado um elemento perigoso, o uso destes tijolos expostos à chuva podem trazer prejuízos devido à possibilidade de solubilização do cromo na água. Desta forma, recomenda-se que seja aplicada sobre os tijolos uma camada impermeabilizante, antes de sua utilização.

4. CONCLUSÃO

Com a revisão de literatura foi possível perceber que inúmeros trabalhos têm procurado dar uma destinação correta aos resíduos provenientes da indústria do couro. Alguns pesquisadores tentam tratar os resíduos quimicamente a fim de estabilizá-los, ao passo que outros buscam apenas usá-los como componentes de produtos comumente utilizados na construção civil, sem nenhum tratamento prévio. Neste caso, o foco principal é dar uma

destinação ambientalmente adequada para o resíduo, ainda que a reutilização desse não contribua efetivamente para a melhoria das características do produto final. É neste contexto que se aplica este trabalho.

A fim de reduzir os custos com tratamentos prévios do resíduo, foi avaliada a possibilidade de incorporação de serragem de couro não tratada em tijolos de solo-cimento. Para isto, foram testadas diferentes dosagens de misturas de solo com serragem de couro. A incorporação do couro ao solo-cimento resultou na redução da massa específica, bem como da densidade aparente seca ótima, em função da substituição de um material mais pesado (solo), por um mais leve (couro). Os limites de liquidez e plasticidade também aumentaram. Para todas as dosagens estudadas, as misturas solo-couro atenderam aos critérios estabelecido pela norma ABNT NBR 8491:1984, para a fabricação de tijolos de solo-cimento.

No que se refere à absorção de água, foi observado que as amostras de 20% e 30% de couro (em relação ao material inerte) não satisfizeram às condições da ABNT NBR 8491:1984. Para as dosagens de 10% e 15% de serragem de couro, a absorção de água foi inferior aos limites máximos estabelecidos pela norma. Com relação à compressão simples, pode-se dizer que a única dosagem que atendeu ao limite mínimo de 2 MPa, aos 28 dias, foi a dosagem correspondente ao acréscimo de 10% de serragem de couro à mistura, em relação ao volume de material inerte. O que indica que uma pequena variação no teor de serragem de couro afeta consideravelmente a resistência mecânica dos tijolos.

No ensaio de lixiviação, foi possível observar que as porcentagens 15%, 20% e 30% apresentaram no extrato lixiviado teor de cromo maior que o recomendado por ABNT NBR 10004:2004, indicando que, para estas dosagens, o produto da lixiviação dos tijolos é considerado classe I 'perigosos'. Para a dosagem de 10%, o teor de cromo ficou bem abaixo do estipulado por norma, sendo, portanto considerado resíduo classe II. No ensaio de solubilização o resultado foi maior que o prescrito por norma, podendo dizer que a amostra em questão é considerada como não inerte, sendo, portanto, classificada como resíduo classe IIA não inerte. Os resíduos classe IIA 'não Inerte' não apresentam periculosidade, porém, pode ser possível que estes se solubilizem na água ou, ainda, sejam biodegradáveis.

De uma forma geral, pode-se dizer que os tijolos de solo-cimento com 10% de adição serragem de couro apresentaram resultados satisfatórios, possuindo dentre todos, os melhores resultados dos ensaios realizados. Portanto, conclui-se que os tijolos que apresentam 10% de serragem de couro em sua composição, possuem qualidade técnica para serem utilizados na construção civil, representando assim uma possibilidade para o descarte deste resíduo.

- **Sugestão para trabalhos futuros**

- Estudar a viabilidade econômica de utilização da serragem de couro em tijolos do solo-cimento.
- Pesquisar novas alternativas para descarte deste resíduo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6508. Solo que passa na peneira #4,8mm – Determinação da massa específica. Rio de Janeiro: ABNT, 1984. 8p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8491 – Tijolo maciço de solo-cimento – Determinação da resistência à compressão e absorção d'água. Rio de Janeiro: ABNT, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10004. Resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. 71p.

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10005. Procedimento para obtenção de lixiviado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. 16p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 10006. Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. 3p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10832. Tijolo maciço de solo-cimento com utilização de prensa manual. Rio de Janeiro: ABNT, 1989. 3p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6459. Solo – Determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro: ABNT, 1984. 6p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7180. Solo – Determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro: ABNT, 1984. 3p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7181. Solo – Análise granulométrica. Rio de Janeiro: ABNT, 1984. 13p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7182. Ensaio de compactação. Rio de Janeiro: ABNT, 1986. 10p.
- CENTRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO. Manual prático de construção em solo-cimento. Camaçari: BNH; CEPED, 1978.
- CORREA, A. R. O complexo coureiro-calçadista brasileiro. BNDES Setorial 14, set 2001. Disponível em www.bndes.gov.br. Acessado em agosto 2005.
- FUJIKAWA, E.S. Incorporação dos resíduos “serragem cromada” em materiais de construção civil. Dissertação (mestrado). Universidade Estadual Paulista, Bauru (SP). 2002. 80p.
- PERES, J.G.M. Viabilidade de utilização da serragem de couro para fins de obtenção de um material alternativo de construção. Dissertação (mestrado). Universidade Estadual de Campinas, Campinas (SP). 2004. 100p.
- PINTO, C. A. Estabilização por solidificação em cimento do resíduo do curtimento do couro contendo cromo. Dissertação (mestrado). Universidade de São Paulo, São Paulo (SP). 2001, 90p.
- SHIH, Y. Y. Estudo da influência da adição de serragem de couro tratada quimicamente nas características de argamassas de cimento Portland. São Carlos, UFSCar, 2009. 103p.
- TACHARD, A. L. R. S. Avaliação da resistência mecânica de argamassas de cimento Portland contendo serragem de couro tratada em meio ácido. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos (SP). 2006.

Autores

Carol Ferreira Rezende Santos, Engenharia Civil pela Universidade Federal de Viçosa - UFV (2013), aluna de mestrado em Engenharia Civil (Setor de Estruturas) pela Universidade Federal de Viçosa. Trabalhou em pesquisas de aproveitamento de resíduos sólidos na construção civil, e atualmente desempenha pesquisas na área de Mecânica das Estruturas.

Rita de Cássia S. Sant'anna Alvarenga, Engenharia Civil pela Universidade Federal de Viçosa - UFV (1984), mestrado (1989) e doutorado em Engenharia Civil (Engenharia de Estruturas) pela Universidade de São Paulo (2002), tendo feito parte da pesquisa na UMinho, Portugal, e na UFMG, Belo Horizonte. Atualmente, é Professora Associada da UFV, com experiência na área de Mecânica das Estruturas, Alvenaria Estrutural e Aproveitamento de Resíduos como Materiais de Construção.

Benício Costa Ribeiro, graduando em Engenharia Civil na Universidade Federal de Viçosa – UFV. Trabalhou em projetos de pesquisas de aproveitamento de resíduos sólidos na construção civil (2010-2013).

Roseli Oliveira Guedes Martins, Engenharia Civil pela Faculdade de Tecnologia e Ciências (Vitória da Conquista – BA) - FTC (2013), aluna de mestrado em Engenharia Civil (Engenharia da

Construção) pela Universidade Federal de Viçosa. Trabalhou em pesquisas sobre qualidades e características de produção artesanal de tijolo solo-cimento, e atualmente desempenha pesquisas na área de durabilidade e desempenho de alvenaria estrutural.

Charles Luís da Silva, Engenharia de Materiais pela Universidade Federal de São Carlos (1998), mestrado em Ciência e Engenharia dos Materiais pela UFSCAR (2001) e doutorado em Ciência e Engenharia dos Materiais pela UFSCAR (2005). Atualmente é professor adjunto no Departamento de Engenharia de Produção e Mecânica da Universidade Federal de Viçosa. Tem experiência na área de Engenharia de Materiais e Metalúrgica, com ênfase em Materiais Cerâmicos.

ANÁLISE DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE PAREDES MACIÇAS DE SOLO ESTABILIZADO A PARTIR DO USO DE MECANIZAÇÃO

Ana Carolina Veraldo¹; João Gabriel Santana Paz²; Andrea Naguissa Yuba³; Ana Paula da Silva Milani⁴

Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia - FAENG, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS, Campo Grande – MS, ¹anacarolinaveraldo@hotmail.com; ²jpgabrielsp@gmail.com; ³naguissa@gmail.com
⁴ana.milani@ufms.br

Palavras-chave: taipa, solo-cimento, resistência mecânica, produtividade

Resumo

Uma das tecnologias construtivas com terra que vem incorporando inovações é a da taipa para construção de paredes maciças de solo estabilizado. No entanto, para que tal solução construtiva esteja inserida no contexto da sustentabilidade é necessário, dentre outras ações, o desenvolvimento do processo de produção das paredes com base na redução de desperdício e no ganho de produtividade. Sendo assim, o objetivo deste artigo é avaliar a produtividade da construção de paredes maciças de solo estabilizado, sendo analisada a influência do tipo de fôrma e de mecanização no processo de produção, bem como no desempenho das paredes. Para tal, foi realizado estudo de caso durante a execução de protótipo de habitação social rural, sendo realizadas medições das etapas de montagem e desmontagem das fôrmas; dosagem, homogeneização, lançamento e compactação; desforma; acabamento, materiais e equipamentos utilizados; mão de obra e tempo de execução; bem como análise sobre a percepção dos executores. Foram moldados corpos de prova para verificação do desempenho físico-mecânico e durabilidade das paredes. Desta forma, permitiu-se o apontamento de melhorias para o processo de produção das paredes de solo estabilizado, sendo destacados efeitos significativos na produtividade e no desempenho final do produto a partir da aplicação de mecanização.

1. INTRODUÇÃO

Com a necessidade de suprir o déficit habitacional brasileiro, a partir da década de 70 observou-se o surgimento de novos sistemas construtivos como alternativas aos produtos e processos tradicionais até então utilizados, visando principalmente à racionalização e industrialização da construção (Gonçalvez et al, 2000).

Ainda hoje, a construção civil moderna passa por um processo de industrialização, saindo da era do trabalho informal para a organização de linhas de produção, com trabalhadores mais especializados e empresas de grande porte com sistemas implantados de controle de qualidade e produtividade. Tal cenário exige dos profissionais e métodos envolvidos o desenvolvimento das tarefas em menores prazos e com resultados finais satisfatórios, evitando-se os chamados retrabalhos. Esta configuração está inserida em um processo mundial, que visa não apenas o atendimento às exigências atuais de conforto e segurança dos usuários, mas também aos princípios de sustentabilidade das edificações, onde a otimização dos sistemas e processos construtivos é importante para diminuir o consumo de energia, a geração de resíduos e desperdícios (desde a fase de construção, utilização até a demolição), a redução de esforço físico dos trabalhadores e aceitação das técnicas construtivas.

A produção de construções rurais, além dessas questões, tem o entrave da distribuição dos materiais de construção, que implica perdas durante o transporte, seja pelas más condições das estradas de acesso ou distância percorrida, contribuindo para o encarecimento da obra. Além disso, muitas construções aguardam longos períodos pela entrega dos materiais de construção, devido às dificuldades de cumprimento das entregas pela sobrecarga na logística dos fornecedores. Esse déficit demanda uma avaliação do potencial de produção atual e futuro dos materiais mais solicitados na produção dessas construções.

Dentro desse contexto, o resgate da terra como material alternativo tem-se mostrado um caminho potencial, pela eliminação do processo de queima da produção de materiais cerâmicos, que diminui as emissões de CO₂ na atmosfera, e por caracterizar-se como uma oportunidade de alavancar tecnologias apropriadas de construção para assentamentos rurais. O impacto ambiental e financeiro é significativamente reduzido quando a matéria-prima (solo) é originária no local, aponta Morel et al (2001 apud Ciancio et al., 2013) e a facilidade de transferência e apropriação das técnicas permite o emprego de uma mão de obra não qualificada local, fornecendo oportunidade de emprego para as comunidades mais remotas, eliminando custos de alojamento e transporte dos trabalhadores (Ciancio et al., 2013).

Para a melhoria do comportamento do solo, diversos produtos são utilizados como agentes estabilizadores, assim como processos de misturas, homogeneização, lançamento, adensamento e compactação são investigados para a melhoria da resistência à compressão simples, expansão e contração, resistência ao desgaste e resistência à erosão e durabilidade.

Heise et al (2012) analisou o desempenho técnico-constructivo das paredes de taipa a partir da mecanização das etapas da homogeneização da mistura (misturador de pás rotativas) e compactação (compactador pneumático) para o adensamento do material em fôrmas. Foi observado pelos referidos autores que o processo de produção mecanizado mostrou-se eficiente no que se refere à produtividade, ressaltando também que a mecanização diminuiu o esforço de trabalho e aumentou a qualidade do acabamento.

Em partes da América do Norte, Austrália e Nova Zelândia, a taipa com solo estabilizado com cimento está se popularizando (Jaquin, 2008). A combinação de inovações tecnológicas, tais como utilização de formas semelhantes às de concreto armado, compactadores pneumáticos com sistemas de controle de qualidade e mistura do solo melhorou o desempenho do produto para o usuário e a eficiência energética, permitindo à inserção da técnica no mercado da construção com competitividade (Suzuki; Krayenhoff, 2014).

Logo, estudos que possam otimizar o uso da mecanização em processos construtivos artesanais ou tradicionais no Brasil são necessários para institucionalizar uma nova lógica de produção, aliando sustentabilidade e inovação tecnológica.

Este trabalho tem o objetivo de avaliar as características do material e a produtividade do método construtivo de paredes maciças de solo estabilizado com cimento e adição de microfibras de polipropileno, utilizado na construção de um protótipo de habitação social rural, edificado no campus da Cidade Universitária da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, localizado em Campo Grande/MS.

2. MATERIAL E MÉTODOS

No processo construtivo foi utilizada mão de obra mista (parte experiente em construção convencional com alvenaria, parte sem experiência em construção civil) e inexperiente em construções com terra. Esta opção teve a finalidade de avaliar os entraves para transferência de tecnologia para o público-alvo, formado por moradores de assentamento rurais.

O solo utilizado na construção das paredes foi retirado de uma jazida distante 40 km do local de execução do projeto e caracterizado como solo arenoso tipo A2 segundo a classificação AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*), com propriedades adequadas para estabilização com o cimento Portland CII E32. A tecnologia aplicada no processo construtivo foi a substituição das fôrmas deslizantes de chapas de compensado estruturadas com sarrafos e parafusos (Milani et al, 2008) pela utilização de fôrmas metálicas treliçadas (Heise et al, 2012), com fechamento de chapas de compensado plastificado, desenhadas para suportar as tensões de compactação mecanizada, **Figura 1. Fôrma – estrutura treliça** diminuindo a necessidade de juntas de dilatação e furos

transpassantes, que contribuem para provocar manifestações patológicas de cunho executivo (fissuração, desagregação e marcas antiestéticas).



Figura 1. Fôrma – estrutura treliça

2.1. Descrição da construção

A edificação possui 107,3m² de área construída, sendo as paredes portantes com 20 cm de espessura, construídas sobre a fundação rasa tipo radier e baldrame, ambos de concreto usinado com adição de macrofibra de polipropileno, tendo como base solo compactado e 7 cm de brita 1. Com o intuito de amenizar o desgaste da parede de taipa, por contato direto com a água proveniente de precipitações e/ou limpezas domésticas, foi definido que o baldrame teria seção transversal de 10 cm de altura e 20 cm de espessura.

Feita a cura da fundação, iniciou-se o processo de montagem das fôrmas treliçadas e em seguida o encaixe da primeira camada de chapas de compensado. A construção da parede iniciou com a limpeza do radier e polvilhamento de uma fina camada de cimento, seguida do lançamento de uma camada de 20 cm da mistura de solo-cimento-microfibra-água no estado solto e compactação mecanizada dentro das fôrmas. Esse procedimento foi repetido até que faltassem poucos centímetros para o preenchimento completo da fôrma de compensado, quando foi montada outra chapa, repetindo as etapas anteriores de lançamento e compactação até ser atingida a altura de 2,80 m. Não foi adotado o procedimento de ranhuras entre camadas. A cobertura do protótipo foi constituída por estrutura de madeira com fechamento de telhas metálicas tipo 'sanduíche' com isolamento de camada de poliestireno expandido (EPS).

Para a compactação do solo-cimento foi utilizado um compactador pneumático, conforme orientações de Heise et al (2012) e com intuito de ganhar produtividade, o serviço foi efetuado sempre pelo mesmo operador. O ponto ideal de compactação foi avaliado visualmente pelo operador - quando não era mais observado o desprendimento de solo-cimento em estado solto e o impacto do compactador não marcava significativamente o solo compactado, configurava-se o momento ideal para finalização do procedimento. Paralelamente a este procedimento, foi realizado o controle tecnológico, determinando-se para cada parede o teor de umidade e a massa específica aparente seca a partir da retirada, pesagem e secagem de amostra de material compactado *in situ* e cálculo dos valores de grau de compactação (%), que atingiram valores entre 95% a 105%.

Foram utilizados dois traços para o preparo do solo-cimento, com volumes medidos em baldes de 10 litros. O primeiro, com proporção de 1:12 em volume (1 balde de cimento para 12 de terra), foi utilizado na construção da parede 1, conforme sequência de execução demonstrada na Figura 2, e o segundo, de mesma proporção de solo e cimento, porém com a adição de 200 g de microfibra de polipropileno, foi utilizado na produção das demais paredes – traço 1:12 com adição de 1,4% de microfibra em relação a massa do cimento. A quantidade de água foi estimada de acordo com o ensaio de Proctor (NBR 7182, ABNT 1986), sendo que a umidade ótima desse solo-cimento compactado foi de 12%. Para a obra, a quantidade de água utilizada por traço era inicialmente de 8 litros de água para cada 12

baldes de solo, e gradativamente foram sendo adicionadas pequenas quantidades de água para se atingir o teor ótimo de água, sendo utilizado o teste do “bolo” para a avaliação. Esse procedimento foi adotado devido à variação da umidade higroscópica do solo no momento do preparo, e também pela adição de microfibras, que diminuiu a trabalhabilidade da mistura solo-cimento-água.

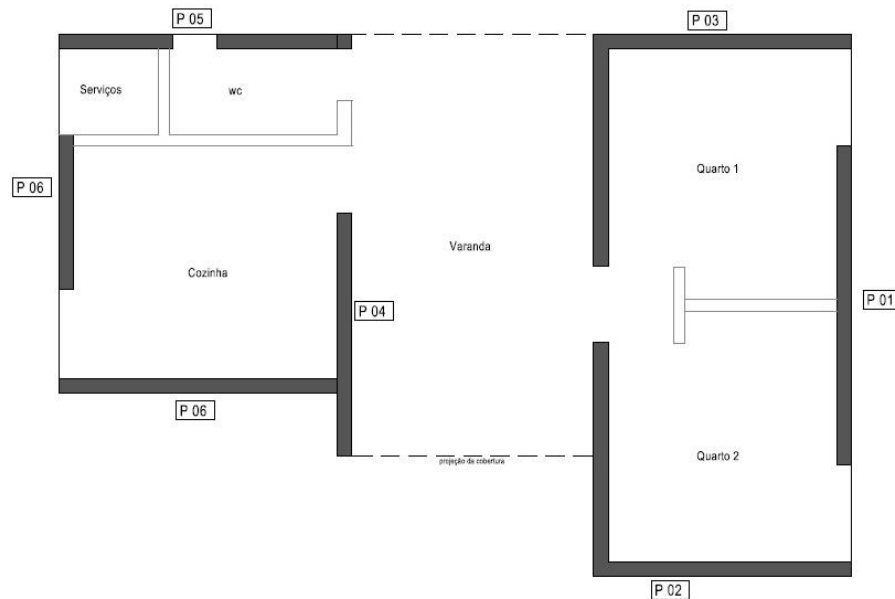


Figura 2. Planta baixa do projeto com a ordem de execução das paredes.

Durante o processo construtivo foram avaliadas três distintas maneiras de mecanização para preparação, homogeneização e lançamento da mistura solo-cimento-água e solo-cimento-fibra-água.

- Avaliou-se o uso de um misturador planetário, que apresentou defeito na fase de teste e foi descartado do processo.
- Foi utilizada uma betoneira estacionária convencional de 400 litros para o preparo e homogeneização da mistura durante o processo construtivo das quatro primeiras paredes. O carregamento do material até as fôrmas foi feito com baldes de 10 litros.
- Foi utilizado um conjunto de máquinas composto por: uma peneira rotativa, um misturador homogeneizador hexagonal (funcionamento semelhante a uma betoneira), um triturador e esteiras transportadoras (Figura 3 – **Misturador (A)**, **esteiras (B)**, **triturador (C)**. **Erro! Fonte de referência não encontrada.**) durante o processo construtivo das paredes P05 e P06.



Figura 3 – Misturador (A), esteiras (B), triturador (C).

A peneira rotativa deveria ter sido utilizada para o peneiramento prévio do solo com o intuito de eliminar resíduos orgânicos e aglomerados, porém seu uso foi inviabilizado pelo entupimento da sua malha pelo solo úmido. Nesse processo, o preparo e homogeneização da mistura foram realizados no misturador homogeneizador hexagonal, transportado até o triturador por esteiras rolantes e lançado nas fôrmas com baldes de 10 litros.

2.2. Desempenho físico-mecânico das paredes

Para a verificação do desempenho físico-mecânico das paredes de solo estabilizado foram analisadas as influências de três variáveis no comportamento do material, sendo elas: o uso de ranhuras entre as camadas que compõem o corpo de prova; a adição da microfibras; e o método de preparação e homogeneização da mistura de solo-cimento-fibra-água.

Foram moldados 18 corpos de prova em formato de blocos retangulares, com intuito de representar as características físico-mecânicas das paredes. Os blocos foram preparados no canteiro de obra, em fôrma de compensado plastificado com dimensões internas aproximadas de 15 cm x 30 cm e altura de 29 cm (Figura 3 – **Corpo de prova**) **Erro! Fonte de referência não encontrada.** e deixados em cura no próprio canteiro, nas mesmas condições das paredes, sendo posteriormente armazenados em câmara úmida até o momento de serem submetidos aos ensaios laboratoriais.

O ensaio de compressão foi realizado conforme procedimento estabelecido na NBR 8949 (ABNT, 1985) e o ensaio de absorção de água de acordo com a NBR 13555 (ABNT, 1996) aos 120 dias de idade, período em que grande parte das reações físico-químicas de estabilização do solo-cimento já ocorreu (Milani et al, 2008).

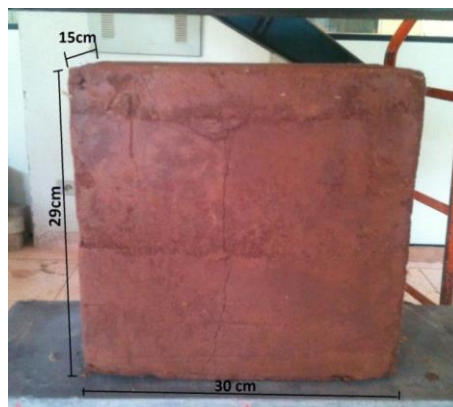


Figura 3 – Corpo de prova de solo-cimento.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de massa específica aparente seca dos tratamentos de solo-cimento e de solo-cimento-fibra não apresentaram diferenças significativas entre si, sendo os resultados em torno de 2,100 g/cm³.

O desempenho físico-mecânico do material solo-cimento-fibras foi analisado a partir dos resultados apresentados da Tabela 1 e Figura 5, sendo ensaiados três corpos de prova para cada tratamento.

Mesmo procurando garantir a fidelidade dos corpos de prova com as paredes do protótipo ocorreu um erro na moldagem dos corpos de prova SR/CF/B devido à inexperiência dos operadores e outro na execução do ensaio de absorção de água do corpo de prova CR/CF/M, e conseqüentemente, apresentaram resultados muito divergentes dos demais, sendo excluídos da análise comparativa de desempenho do material.

Tabela 1. Resultados de ensaios físico-mecânicos dos corpos de prova de solo-cimento-fibra.

	SR/CF/B	CR/CF/B	SR/CF/M	CR/CF/M	SR/SF/M	CR/SF/M
Resistência à compressão média (MPa)	1,60	3,65	4,31	3,34	2,77	2,54
Desvio padrão	0,123	0,946	0,618	0,847	0,480	0,197
Coef. de variação	7,65%	22,80%	14,34%	25,34%	17,33%	7,76%
Absorção de água (%)	22,34	15,82	18,07	9,25	10,62	11,04
Desvio padrão	2,65	2,61	0,26	-	0,92	1,22
Coef. de variação	11,86%	16,52%	1,42%	-	8,65%	11,04%

CR e SR - com ranhuras e sem ranhuras; CF e SF- com microfibra de polipropileno e sem microfibra de polipropileno; B - uso da betoneira para preparo da mistura; M – uso do misturador e triturador para preparo da mistura.

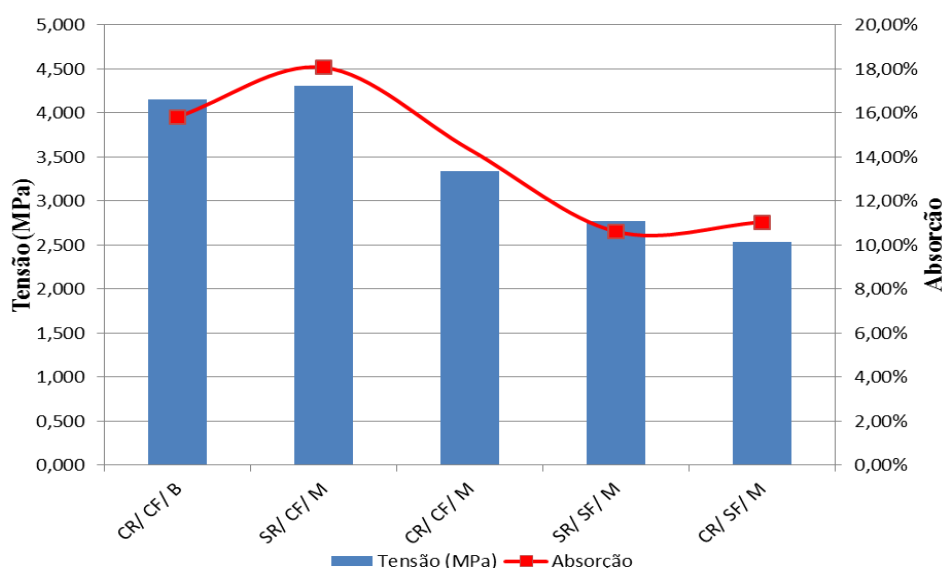


Figura 4 – Valores de resistência à compressão simples dos corpos de prova e capacidade de absorção de água dos tratamentos de solo-cimento-fibras

Constatou-se que não houve uma relação direta entre o uso de ranhuras entre as camadas compactadas e a resistência do material, conseqüentemente, pode-se levar ao entendimento que esse procedimento não provoca alterações mecânicas significativas. Porém, foi notado que as misturas de solo-cimento com microfibra obtiveram maiores valores de absorção de água e de resistência à compressão simples (em média 36%) que as misturas de solo-cimento sem microfibra. Acredita-se que isso ocorreu porque a adição das fibras no solo-cimento acarretou em maior área superficial sem preenchimentos com produtos cimentantes (reações da hidratação do cimento) e conseqüentemente, em uma mistura fisicamente com maior capacidade de absorver água. Em contrapartida, a adição da fibra melhorou mecanicamente o comportamento da mistura solo-cimento. Acredita-se que o papel de “pontes” das microfibras com o solo estabilizado proporcionou uma melhora na capacidade de absorção de energia, tornando o material mais dúctil.

Do ponto de vista estrutural, as misturas de solo-cimento e solo-cimento-fibras apresentaram um bom desempenho físico-mecânico, sendo que todos os tratamentos atenderam aos requisitos especificados pela norma NBR 8492 (ABNT, 2012), ou seja, resistências à compressão simples mínima de 2 MPa e absorção de água máxima de 20%, aos 7 dias de idade.

Com relação à mecanização aplicada no processo de produção das paredes, foi contabilizado o tempo gasto para execução de 1 m² de parede, considerando uma equipe de mão de obra de quatro operários e as etapas de montagem das fôrmas, preparo da mistura, homogeneização (tipo de maquinário), lançamento, adensamento por compactação mecanizada da mistura e desforma.

As paredes feitas utilizando o equipamento betoneira apresentaram produtividade de 48 minutos/m² de parede construída, e boa homogeneização da mistura, formando somente alguns aglomerados de solo, que não influenciaram significativamente na resistência mecânica do material. Utilizando o conjunto composto por misturador, esteira e triturador, obteve-se a produtividade de 60 minutos/m² de parede construída e melhor mistura dos componentes, pois o material apresentou-se mais homogêneo e solto. Mesmo aparentando características diferentes (mistura solta ou com grumos), ambos obtiveram características mecânicas semelhantes, o que demonstra que o método de preparação e homogeneização da mistura não influenciou significativamente nas características físico-mecânicas do produto final.

Ao comparar a produtividade (Figura 5. **Comparação entre os processos construtivos**) dos processos construtivos avaliados nesse estudo, observou-se que o conjunto betoneira e balde se mostrou até 12 min/m² mais eficiente do que o conjunto de equipamentos misturador homogeneizador hexagonal, esteira e triturador. Além disso, comparando-o com o método convencional de construção de taipa utilizado por Milani et al. (2008), ou seja, uso de fôrmas de compensado estruturadas com sarrafos, sendo o preparo e homogeneização da mistura feito com enxadas e compactação com pilão e produtividade de 90 min/m², pode-se observar um ganho de produtividade em até 42 min/m².

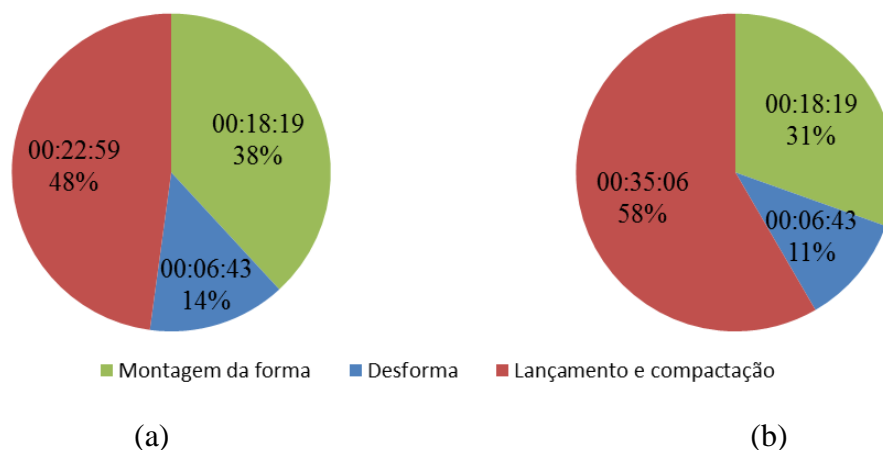


Figura 5. Comparação entre os processos construtivos a (betoneira e balde) e b (misturador, esteira e triturador).

4. CONCLUSÕES

O estudo demonstrou a melhora significativa no comportamento mecânico das paredes maciças de solo estabilizado utilizando microfibras de polipropileno. Destaca-se, também, que as ranhuras entre as camadas de solo compactado não influenciaram na resistência à compressão simples das paredes e que o uso do equipamento betoneira mostrou-se mais adequado no processo construtivo quando comparado com a aplicação do conjunto de maquinários (misturador, esteira e triturador), devido à melhor produtividade e desempenho físico-mecânico do produto final.

Ressalta-se a necessidade de estudos futuros sobre a dosagem e a influência do uso de fibras de polipropileno nas demais características das paredes maciças de solo estabilizado, bem como o estudo de custo-benefício da possível inserção de maior contingente de mão de obra e de energia gasta com o uso da mecanização. É necessário lembrar as limitações desse estudo em relação à dosagem de microfibras, ao número de máquinas analisadas e ao

porte da obra, tendo em vista que existem inúmeros equipamentos disponíveis no mercado que podem aprimorar a qualidade e aperfeiçoar a produtividade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas (1986). NBR 7182. Solo – Ensaio de compactação. Rio de Janeiro: ABNT. 10 p.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (2012). NBR 8492 – Tijolo maciço de solo-cimento – Determinação da resistência à compressão e absorção de água. Rio de Janeiro: ABNT. 4p.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (1985). NBR 8949 – Paredes de alvenaria estrutural. Ensaio à compressão simples. Rio de Janeiro: ABNT, 7p.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (1996). NBR 13555 – Solo-cimento – Determinação da absorção de água. Método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT. 1p.

Ciancio, D.; Jaquin, P.; Walker, P. (2012). Advances on the assessment of soil suitability for rammed earth. *Construction and Building Materials*, 42. 40-47.

Gonçalves, O. M.; John, V. M.; Picchi, F. A.; Sato, N. M. N. (2000). Normas técnicas para avaliação de sistemas construtivos inovadores para habitação. *Coletânea Habitar*, vol. 3. Normalização e Certificação na Construção Habitacional.

Heise, A. F.; Minto, F. C. N.; Hoffmann, M. V. (2012). Proposta de contribuição para análise do desempenho técnico-construtivo das paredes de taipa de pilão. TerraBrasil 2012. Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil. *Anais...* Fortaleza.

Jaquin, P. (2008). Historic rammed earth. Disponível em : http://historicrammedearth.co.uk/rammed_earth.htm. Acesso em: 17 de maio de 2014.

Milani, A. P. S.; Bertocini, S. R.; Freire, W. J. (2008). Estudos para viabilizar o uso do material solo-cimento-cinza de casca de arroz na construção de paredes monolíticas. YerraBrasil 2008. Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil. *Anais*. São Luís do Maranhão..

Morel, J. C.; Mesbah, A.; Oggero, M.; Walker, P. (2001). Building houses with local materials: means to drastically reduce the environmental impact of construction. *Build Environ* 2001; 36: 1119–26

Suzuki, D.; Krayenhoff, M. (2014). Sirewall: stabilizer insulated rammed earth. Disponível em : <http://www.sirewall.com/about/sirewall-system/>. Acesso em: 12 março de 2014.

AGRADECIMENTOS

À FUNDECT, CNPq, UFMS, Taipal Construções em Terra, Construgreen, Neomatex, Votorantim Cimentos, Sermix, Batlab, Ecomáquinas, Quartzolit, SF Formas, Mineração Xerez, Cerâmica Volpini.

AUTORES

Ana Carolina Veraldo, arquiteta, membro da Rede TerraBrasil, mestranda do programa de pós-graduação em eficiência energética e sustentabilidade, pesquisa do trabalho de conclusão de curso de mestrado a qual originou este artigo científico.

João Gabriel Santana Paz, aluno de graduação em engenharia civil, bolsista de iniciação científica.

Andrea Naguissa Yuba, doutora em engenharia ambiental, professora adjunta da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul – UFMS, e coordenadora do Projeto de

pesquisa e extensão Inovações tecnológicas para produção de habitação social rural no Mato Grosso do Sul.

Ana Paula da Silva Milani, doutora em construções rurais e ambiência, professora adjunta da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul – UFMS, membro do PROTERRA e da Rede TerraBrasil; coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Eficiência Energética e Sustentabilidade.

ADEQUAÇÃO DAS VEDAÇÕES EM TERRA À NORMA BRASILEIRA DE DESEMPENHO TÉRMICO

Samantha Orui

Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (IPT)
samanthaorui@gmail.com

Palavras-chave: adobe, desempenho térmico, normas técnicas, solo-cimento, taipa de pilão

Resumo

Com a entrada em vigor da norma NBR 15575:2013 – Edificações habitacionais – Desempenho, dispõe-se agora de um procedimento legítimo para a avaliação do desempenho térmico de edificações, sem as limitações dos procedimentos sugeridos pela norma NBR 15220:2005, que contempla apenas algumas diretrizes de projeto visando um adequado desempenho térmico das edificações no território brasileiro. Por também conter no seu título a palavra desempenho, esta norma era utilizada de forma equivocada para a avaliação do desempenho térmico de edificações no Brasil, provocando ainda hoje, dúvidas por parte de estudantes e profissionais quando tratam deste assunto. Este artigo tem como objetivo expor quais eram as diretrizes adotadas pela norma NBR 15220:2005, quais são os critérios que entraram em vigor com a norma NBR 15575:2013 e como o novo cenário normativo embasa o desempenho térmico das vedações feitas com terra.

1. INTRODUÇÃO

Publicada em 2007, a Pesquisa de Posse e Hábitos de Consumo de Energia - Classe Residencial (PPH-2007) revelou o uso do ar condicionado representa 20% do consumo energético residencial no Brasil (Eletrobrás, 2007).

Uma das qualidades do relatório PPH-2007 é que nele são encontradas informações sobre tipologia habitacional e materiais construtivos: a informação de que o uso do ar condicionado representa 36,3% do consumo energético residencial da região sudeste pode ser usada como um indicador do baixo desempenho térmico das habitações construídas na região, já que dentre as 117 cidades citadas na norma ABNT NBR 15220:2005, em apenas três o resfriamento artificial é necessário e o aquecimento artificial, em apenas 15; e, uma vez que, na região sudeste, 97,6% das habitações são feitas de paredes de alvenaria (PPH-Sudeste, 2007, p.63-70), pode-se questionar tanto a qualidade arquitetônica das habitações quanto o desempenho térmico da alvenaria executada com blocos de concreto e/ou blocos cerâmicos.

Conclui-se, assim, que desempenho térmico e eficiência energética evidenciam-se como um binômio indissociável, diretamente relacionado ao desenho arquitetônico e as propriedades térmicas dos materiais construtivos.

2. O USO DA TERRA COMO MATERIAL CONSTRUTIVO

A terra é o material construtivo mais abundante que se encontra na natureza e, ao contrário do que se imagina, seu uso não está restrito ao clima quente e seco.

No Brasil, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) só reconhece o uso da terra estabilizada quimicamente pela adição de cimento, a qual denomina solo-cimento: o solo-cimento pode ser utilizado para produção de blocos vazados, tijolos maciços e paredes monolíticas.

Contraditoriamente, nos Estados Unidos, a *American Society for Testing and Materials* (ASTM) sugere que a estabilização química seja evitada e estimula outras técnicas de estabilização. Sobre a adição do cimento à terra, assim posiciona-se a ASTM no item 6.3.1:

Historicamente, construções com vários andares foram feitas com terra crua não estabilizada e continuam em pé (ex.: Taos, Shibam), demonstrando que o uso da terra crua não estabilizada com materiais modernos pode ser muito mais durável do que se supõe. Com o objetivo de diminuir o custo econômico e diminuir a poluição gerada com os resíduos de construção, o uso do cimento, da cal e do gesso só deve ser realizado quando outras soluções para aumentar a resistência e a durabilidade não forem encontradas (ASTM E2392M-10).

2.1 A influência da estabilização nas propriedades térmicas da terra

Estabilizar a terra é compreender o teor das partículas minerais e suas características. Os principais objetivos da estabilização são: aumentar a resistência mecânica, aumentar a coesão e a resistência à erosão e reduzir a porosidade e as variações de volume. Há três tipos de estabilização: mecânica, física e química. A adição de fibras vegetais é um exemplo de estabilização mecânica. A palha, por exemplo, age como ponte de transferência das tensões pelas fissuras e, por isso, melhora o comportamento mecânico da terra: ao reduzir a velocidade de propagação das fissuras, aumenta a capacidade de resistência pós-fissuração do material e diminui a retração por secagem, seguindo o mesmo princípio do uso de fibras em concretos. A estabilização física pode ser descrita como a alteração da terra através da mistura controlada de partículas de diferentes composições e granulometrias, ou seja, com o que a engenharia denomina 'empacotamento'. Já a estabilização química é a ação que busca modificar as propriedades da terra por meio de reações químicas, tal como faz o cimento e a cal (Orui, 2013).

Ao que tudo indica, a adição de cimento interfere nas propriedades térmicas da terra: comparando os dados sobre as propriedades térmicas do solo compactado publicados por Moita (2010), com o resultado de dois ensaios realizados pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT) - um, a pedido de um doutorando na Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) e, outro, a pedido de um fabricante de blocos vazados de solo-cimento do Estado de São Paulo -, observa-se que a condutividade térmica (λ) do solo compactado é, significativamente, maior do que a condutividade térmica do solo-cimento compactado (Tabela 1).

Os dados publicados indicam, também, que a compactação influencia tanto na condutividade quanto no calor específico, pois o solo compactado apresenta maior condutividade térmica e menor calor específico do que a terra crua, e, a adição de palha influencia na densidade e na condutividade térmica, mas não influencia no calor específico.

Tabela 1. Propriedades térmicas

		Fonte	densidade (ρ) [kg/m ³]	condutividade térmica (λ) [W/mxK]	calor específico (c) [J/kgxK]
material construtivo	terra para adobe	Moita, 2010	1700	0,56	1000
	terra com palha para adobe		1000	0,35	1000
	terra crua		1800	1,05	1000
	solo compactado		1800	1,40	792
	solo-cimento compactado	IPT, 2007	1713	0,63	800
		Ferreira, 2003	1868	0,49	750

2.2 A influência da composição e da espessura dos componentes construtivos nas propriedades térmicas da vedação

As propriedades térmicas dos materiais que compõem o sistema construtivo influenciam diretamente no desempenho térmico das vedações, contudo a espessura também possui um papel significativo. Ao aumentar e diminuir a espessura de uma parede modifica-se seu desempenho térmico. Por exemplo: uma parede de adobe de 15 cm possui uma resistência térmica inferior a uma parede de adobe de 30 cm (Tabela 2).

Resistência térmica, transmitância térmica, capacidade térmica, atraso térmico e fator solar são critérios de avaliação de desempenho térmico de sistemas construtivos.

A seguir serão apresentados seus métodos de cálculo, conforme exposto na norma ABNT NBR 15220:2005 - Desempenho térmico de edificações - Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações.

Para cálculos relacionados ao adobe, considerou-se as propriedades térmicas da terra para adobe e os dados da terra com palha foram utilizados para os cálculos do adobe leve; para os cálculos da taipa de pilão, considerou-se as propriedades térmicas do solo compactado e, para o cálculo das propriedades térmicas dos blocos vazados de solo-cimento, os dados constantes na publicação do IPT (2007).

2.2.1 O cálculo da resistência térmica de paredes

Para se calcular a resistência térmica de uma parede, basta dividir a espessura (e) da parede pela condutividade do material construtivo (λ).

Contudo, para se calcular a resistência térmica de paredes de blocos vazados de solo-cimento deve-se considerar a resistência térmica da câmara de ar.

Na tabela 2, encontram-se os resultados dos cálculos da resistência térmica, considerando diferentes espessuras de parede.

Tabela 2. Resistência térmica

		resistência térmica [$m^2 \times K/W$]				
		0,10	0,15	0,20	0,30	0,40
sistema construtivo	espessura [m]					
	adobe	-	0,27	0,36	0,54	0,71
	adobe leve	-	0,43	0,57	0,86	1,14
	taipa de pilão	-	-	-	0,21	0,29
	parede monolítica de solo-cimento	0,16	0,24	0,32	0,48	0,63
	bloco vazado de solo-cimento	-	0,40	-	0,65	-

A primeira conclusão que se chega é a de que a espessura do sistema construtivo influencia na resistência térmica: quanto mais espesso, maior é sua resistência térmica. A segunda conclusão é a de que a resistência térmica – que é a habilidade de resistir a passagem de calor – está diretamente relacionada a quantidade de fibras vegetais: a terra com palha para adobe possui propriedades térmicas que fazem com que os adobes leves sejam mais resistentes termicamente do que os adobes feitos apenas com terra.

2.2.2 Cálculo da transmitância térmica e da capacidade térmica

O cálculo da transmitância térmica (U), ou coeficiente global de transferência de calor da parede, é feito a partir do valor da resistência térmica da parede, da seguinte forma: soma-se a resistência térmica da parede com as resistências térmicas superficiais e inverte-se o valor total.

Para se calcular a capacidade térmica (C_T) de paredes de adobe, de taipa de pilão e de paredes monolíticas de solo-cimento, multiplicam-se os valores da densidade (ρ) e do calor específico (c) do material pela espessura da parede.

Para o cálculo da capacidade térmica de paredes dos blocos vazados de solo-cimento, pode-se desprezar a capacidade térmica da camada de ar.

Na tabela 3, encontram-se os resultados dos cálculos da transmitância térmica e da capacidade térmica, considerando diferentes espessuras de parede.

Tabela 3. Transmitância térmica e capacidade térmica

		transmitância térmica [m ² xK/W]				
		0,10	0,15	0,20	0,30	0,40
sistema construtivo	espessura [m]					
	adobe	-	2,28	1,90	1,42	1,13
	adobe leve	-	1,67	1,35	0,97	0,76
	taipa de pilão	-	-	-	2,60	2,19
	parede monolítica de solo-cimento	3,04	2,45	2,05	1,55	1,24
	bloco vazado de solo-cimento	-	1,76	-	1,23	-
		capacidade térmica [kJ/m ² xK]				
		0,10	0,15	0,20	0,30	0,40
sistema construtivo	espessura [m]					
	adobe	-	255	340	510	680
	adobe leve	-	150	200	300	400
	taipa de pilão	-	-	-	428	570
	parede monolítica de solo-cimento	137	206	274	411	548
	bloco vazado de solo-cimento	-	206	-	411	-

A terceira conclusão que se chega é que a capacidade térmica – que representa a energia necessária para variar a temperatura – está diretamente relacionada à densidade do material: para materiais com o mesmo calor específico e a mesma espessura, quanto maior a densidade, maior a capacidade térmica. Ex.: adobe e adobe leve (Tabela 3).

A quarta conclusão é que a câmara de ar aumenta a resistência térmica dos blocos vazados de solo-cimento e, conseqüentemente, diminui sua transmitância térmica; ao mesmo tempo em que não interfere na capacidade térmica da parede.

2.2.4 Cálculo do atraso térmico e do fator solar

O atraso térmico (φ) é uma propriedade física para a qual existem diversos modelos de cálculo e, por algum motivo, durante a elaboração da norma ABNT NBR 15220:2005, optou-se pela proposição de mais um modelo, ao invés da adoção de um modelo pré-existente (Ramos, 2010). O modelo de cálculo do atraso térmico apresentado na norma de desempenho (ABNT, 2005) é: $\varphi = 0,7284 \times \sqrt{(RT \times CT)}$

Fator solar (FS_o) é uma propriedade física cujo modelo de cálculo também não remete a pesquisas pré-existentes: enfatiza o impacto da cor no desempenho térmico de uma vedação e, para isso, relaciona transmitância térmica e resistência térmica com absorvância solar (α). O modelo de cálculo do fator solar apresentado na norma de desempenho (ABNT, 2005) é: $FS_o = 4 \times U \times \alpha$

Na tabela 4, encontram-se os resultados dos cálculos do atraso térmico e do fator solar, considerando diferentes espessuras de parede.

Tabela 4. Atraso térmico e fator solar

		atraso térmico [h]				
		0,10	0,15	0,20	0,30	0,40
sistema construtivo	espessura [m]					
	adobe	-	12	13	16	19
	adobe leve	-	9	10	13	15
	taipa de pilão	-	-	-	15	17
	parede monolítica de solo-cimento	9	10	12	15	17
	bloco vazado de solo-cimento	-	10	-	15	-

		fator solar [%]				
		0,10	0,15	0,20	0,30	0,40
sistema construtivo	espessura [m]					
	adobe	-	6,4	5,3	4,0	3,2
	adobe leve	-	4,7	3,8	2,7	2,1
	taipa de pilão	-	-	-	7,3	6,1
	parede monolítica de solo-cimento	8,5	6,9	5,7	4,3	3,5
	bloco vazado de solo-cimento	-	4,9	-	3,4	-

3. ANALISE DO RESULTADO

O Brasil é um país caracterizado por zonas bioclimáticas que, de acordo com suas especificidades, solicitam estratégias distintas de condicionamento térmico.

Na maior parte do país, estratégias de condicionamento térmico passivo garantem o conforto bioclimático nas habitações e o condicionamento artificial é necessário apenas em algumas cidades.

De acordo com a norma ABNT NBR 15220:2005 – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social, as estratégias de condicionamento térmico são: aquecimento artificial, aquecimento solar passivo, massa térmica para aquecimento, umidificação, massa térmica para resfriamento, resfriamento artificial, resfriamento evaporativo e ventilação.

As estratégias ‘massa térmica para aquecimento’ e ‘massa térmica para resfriamento’ estão diretamente relacionadas à capacidade dos materiais de amortecer a amplitude da temperatura do ar interior em relação a amplitude do ar exterior, ou seja, são estratégias diretamente relacionadas ao conceito inércia térmica.

Com a entrada em vigor da norma ABNT NBR 15575:2013 – *Edificações habitacionais: Desempenho* pôde-se corrigir as lacunas deixadas pela norma ABNT NBR 15220:2005, principalmente quanto às grandezas físicas que melhor traduzem o efeito da inércia térmica no desempenho térmico das habitações.

A principal diferença entre a norma de desempenho térmico (ABNT, 2005) e a norma de desempenho (ABNT, 2013) é: enquanto a norma de desempenho térmico (2005) fixa valores limites para o ‘atraso térmico’ e o ‘fator solar’ – grandezas físicas para a quais apresenta métodos de cálculo questionáveis -, a norma de desempenho (2013) fixa valores limites para a ‘capacidade térmica’ – grandeza física consagrada e validade pela literatura especializada.

3.1 A classificação dos sistemas construtivos em terra crua e em solo-cimento, de acordo com a norma ABNT NBR 15220:2005

A norma ABNT NBR 15220:2005 divide as vedações em três tipos – leve, leve refletora e pesada - e, para cada zona bioclimática, associa um tipo (Tabela 5). As propriedades físicas escolhidas para a classificação - transmitância térmica (U), atraso térmico (ϕ) e fator solar (FS_o) – geram dúvidas e restringem o uso da terra crua e do solo-cimento.

De acordo com as diretrizes da norma ABNT NBR 15220:2005, as vedações leves são caracterizadas por transmitância térmica inferior a $3 \text{ W/m}^2 \times \text{K}$, atraso térmico menor do que 4,3 h e fator solar menor do que 5%; são consideradas vedações leves refletoras aquelas que apresentam transmitância térmica inferior a $3,6 \text{ W/m}^2 \times \text{K}$, atraso térmico menor do que 4,3 h e fator solar menor do que 4%; e, vedações pesadas, por sua vez, apresentam transmitância térmica inferior a $2,2 \text{ W/m}^2 \times \text{K}$, atraso térmico maior do que 6,5 h e fator solar menor do que 3,5%. Dos sistemas construtivos avaliados, cujos parâmetros foram apresentados nas tabelas 1 a 4, nenhum deles apresenta características relativas às vedações tipo leve e leve refletora; apenas os adobes de 40 cm e os adobes leves de 30 cm de espessura atendem às características de vedações do tipo pesada (Tabela 5).

Conclusão, de acordo com a norma de desempenho térmico (ABNT, 2005):

- os adobes e os adobes leves de 40 cm de espessura são indicados apenas para as zonas 4, 6 e 7;
- a taipa de pilão, as paredes monolíticas de solo-cimento e os blocos vazados de solo-cimento não são adequados as zonas bioclimáticas brasileiras.

Tabela 5. Classificação dos sistemas construtivos em terra crua e em solo-cimento, de acordo com a norma ABNT NBR 15220:2005.

Tipos de vedações adequadas às zonas bioclimáticas brasileiras	critérios		sistemas construtivos							
			adobe		adobe leve		taipa de pilão	parede monolítica de solo-cimento		bloco vazado de solo-cimento
	e	[m]	0,20	0,40	0,15	0,30	0,40	0,15	0,40	0,15
	U	[W/m ² K]	1,9	1,1	1,7	1,0	2,2	2,5	1,2	1,8
	φ	[h]	13,4	19,0	9,0	13,0	17,0	10,0	17,0	10,0
	FS ₀	[%]	5,3	3,2	4,7	2,7	6,1	6,9	3,5	4,9
vedação leve (Zonas 1 e 2)	U ≤ 3,0		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	φ ≤ 4,3		-	-	-	-	-	-	-	-
	FS ₀ ≤ 5,0		-	✓	✓	✓	-	-	✓	✓
vedação leve refletora (Zonas 3, 5 e 8)	U ≤ 3,6		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	φ ≤ 4,3		-	-	-	-	-	-	-	-
	FS ₀ ≤ 4,0		-	✓	-	✓	-	-	✓	-
vedação pesada (Zonas 4, 6 e 7)	U ≤ 2,2		✓	✓	✓	✓	✓	-	✓	✓
	φ ≥ 6,5		✓	✓	✓	✓	-	-	-	-
	FS ₀ ≤ 3,5		-	✓	-	✓	-	-	✓	-

3.2 A classificação dos sistemas construtivos em terra crua e em solo-cimento, de acordo com a norma ABNT NBR 15575:2013

Em 2013, a norma ABNT NBR 15575 – Edificações habitacionais – Desempenho. Parte 4: Sistemas de vedações verticais internas e externas introduziu novos critérios de avaliação do desempenho térmico das habitações. Os novos critérios – valores mínimos admissíveis para a transmitância térmica (U) e para a capacidade térmica (C_T), de acordo com a zona bioclimática – confirmam que, do ponto de vista do desempenho térmico, as vedações em terra crua e em solo-cimento são adequadas para todas as zonas bioclimáticas brasileiras.

Adobes, adobes leves, taipa de pilão, paredes monolíticas de solo-cimento e blocos vazados de solo-cimento apresentam transmitância térmica inferior a 2,5 W/m²×K e capacidade térmica maior do que 130 kJ/m²×K, ou seja, são adequados as zonas bioclimáticas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8 (Tabela 6).

Tabela 6. Classificação de sistemas construtivos de acordo com a NBR 15575:2013.

critérios		sistemas construtivos							
		adobe		adobe leve		taipa de pilão	parede monolítica de solo-cimento		bloco vazado de solo-cimento
e	[m]	0,2	0,4	0,15	0,3	0,4	0,15	0,4	0,15
U	[W/m ² K]	1,9	1,1	1,67	0,97	2,19	2,45	1,24	1,76
≤ 3,7	Zonas 1 e 2	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
≤ 2,5	Zonas 3, 4, 5, 6, 7 e 8	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
C _T	[kJ/m ² K]	340	680	150	300	570	205	548	205
≥ 130	Zonas 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
≥ 245	Zona 8	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

4. CONCLUSÃO

Para aqueles que se dedicam ao uso da terra como material construtivo, a substituição das diretrizes construtivas da norma ABNT NBR 15220:2005 pelos critérios de avaliação apresentados na norma ABNT NBR 15575:2013 é favorável no sentido de se poder ter a certeza da adequação desse sistema construtivo às condições climáticas da grande maioria do território brasileiro, no que concerne ao desempenho térmico da edificação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15220 – Desempenho térmico de edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575 – Edificações habitacionais - Desempenho. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM E2932M-10 *Standard guide for design of earthen wall building systems*. ASTM, 2010.

ELETROBRÁS. Pesquisa de posse de equipamentos e hábitos de uso, ano base 2005: classe Residencial. Rio de Janeiro: ELETROBRAS; PROCEL, 2009. 187 p. (Avaliação do Mercado de Eficiência Energética no Brasil).

FERREIRA, Regis Castro. Desempenho físico-mecânico e propriedades termofísicas de tijolos e mini-painéis de terra crua tratada com aditivos químicos. 2003. 204 f. Tese (Doutorado em Construções Rurais e Ambiente) - Departamento de Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DE SÃO PAULO. Relatório Técnico nº 96 166-205: Determinação de calor específico médio de composto mineral. São Paulo, 2007.

MOITA, Francisco. Energia solar passiva. Portugal: Argumentum, 2010.

ORUI, Samantha. Solo-cimento e adobe: composição e desempenho. *Seminario iberoamericano construcción con tierra*, 2013. Valparaiso: Rede PROTERRA

RAMOS, Jussara Grosh Ludgero. Efeito da inércia térmica em edifícios de escritório: estudo de caso em Belo Horizonte, MG. Dissertação (Mestrado em Ambiente Construído Patrimônio Sustentável). Universidade Federal de Minas Gerais, 2010. 161p.

AUTORA

Samantha Orui, graduada pela Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (FAUUSP) em 2007. Atualmente, cursa mestrado profissional em Habitação: Tecnologia no Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (IPT).

CONSIDERAÇÕES SOBRE A INFLUÊNCIA DO TIPO DE ARGILA SOBRE AS PROPRIEDADES DA TERRA COMO MATERIAL DE CONSTRUÇÃO

**Marco Antônio Penido de Rezende¹; Antônio Ananias de Mendonça²;
Jaqueline Leite Ribeiro do Vale³**

¹Departamento Tecnologia - Escola de Arquitetura -UFMG – marco.penido.rezende@hotmail.com;

²Departamento Geotecnia e Transportes – Escola Engenharia – UFMG- aanias@ufmg.br

³Centro Universitário Newton Paiva, Belo Horizonte – jaquelinevale@gmail.com

Palavras-chave: caracterização; argilas; solos

Resumo

A bibliografia sobre construção com terra é quase unânime em focar na granulometria do solo como o fator fundamental para a constituição de suas propriedades enquanto material de construção. Entretanto, os especialistas em mecânica dos solos são também unânimes em considerar o tipo de composição mineralógica das argilas como um fator tão ou mais importante do que a sua granulometria para a caracterização de suas propriedades. Testes de resistência (ruptura a compressão simples) feitos em adobes com composição granulométrica completamente fora da indicada pela bibliografia usual parecem corroborar com a opinião dos especialistas em mecânica dos solos.

Este trabalho faz um rápido apanhado sobre as variações das características do solo devido aos diferentes tipos de argila nele encontrado, para depois apresentar alguns resultados de análise granulométrica dos solos utilizados em adobes comparados com ensaios de ruptura a compressão simples feito de acordo com recomendações da rede PROTERRA. Os ensaios de análise granulométrica foram executados segundo a NBR 7181/1984.

Mais que conclusões definitivas, os resultados apontam para a necessidade de um estudo mais cuidadoso sobre os fatores que determinam as características e propriedades do solo e, sobretudo, do solo como material de construção.

1. INTRODUÇÃO – CONTEXTO

Em diversos manuais e na bibliografia existente sobre arquitetura e construções em terra¹, aqui chamada de edificações em terra, são enfatizados os aspectos relacionados a granulometria do solo a ser utilizado como fatores determinantes para a propriedades do material (Houben; Guillaud, 2008; Minke, 1994).

Sem deixar de concordar com os relevantes aspectos relacionados a granulometria do solo a ser utilizado, é importante não deixar de se considerar a origem mineralógica das argilas presentes no solo.

A partir dos resultados de pesquisa realizada como adobes produzidos em pequeno vilarejo do interior de Minas Gerais, popularmente chamado de “Bichinho”, este artigo busca demonstrar a importância do tipo de argila presente no solo como fundamental para a compreensão das propriedades deste solo. O vilarejo de “Bichinho” está localizado próximo da cidade de Tiradentes, Minas Gerais, e pertencente ao município de Prados. O nome oficial do pequeno povoado é Distrito de Vitoriano Veloso.

Para isso apresenta, primeiramente, algumas de suas características e propriedades básicas e a opinião de alguns dos mais renomados estudiosos brasileiros sobre o tema. Em seguida, é retomada a importância do teste dos limites de Atterberg, e por fim é apresentado estudo de caso onde adobes produzidos fora das ‘receitas’ granulométricas usuais comprovam sua resistência, devido provavelmente às características da argila presente.

2. COMPREENDENDO A COMPOSIÇÃO DAS ARGILAS E SUAS PROPRIEDADES

As pesquisas sobre a composição das argilas revelam que elas são formadas a partir de duas unidades cristalográficas básicas. Uma tem a configuração de um tetraedro formado por um átomo de silício equidistante de quatro átomos de oxigênio. Já a outra tem a configuração de um octaedro com um átomo de alumínio ao centro envolvido por oxidrilas (OH). A associação entre estas duas unidades cristalográficas resulta as lâminas tetraédricas e octaédricas que, combinadas a partir de ligações químicas e/ou físicas entre si, conformam os argilominerais constituintes dos diversos tipos de argilas existentes que podem ser agrupadas em três grupos fundamentais: as caolinitas, montmorilonitas e ilitas (Vargas, 1978; Caputo, 1973).

As caolinitas são formadas por lâminas cristalográficas de alumínio e silício que se unem de forma alternada através de ligações químicas. Tem no caolim - $(OH)_8Al_4Si_4O_{10}$ – o seu principal membro. Outros minerais que diferem do caolim devido ao menor ou maior teor de alumínio e sílica também pertencem ao grupo. A forte ligação química alternada da composição dos cristais de silício e alumínio do grupo conferem uma estrutura rígida, o que torna as argilas deste grupo relativamente estáveis na presença de água.

As montmorilonitas são compostas de duas lâminas de silício em torno de uma de alumínio a partir de ligações químicas. Porém entre estas lâminas existem moléculas de água agregadas por meio de ligações físicas conformando a composição química: $(OH)_4Si_8Al_4O_{20}nH_2O$. Devido à presença de água entre as lâminas, estes tipos de argila são muito expansivas e portanto sujeitas a mudanças na presença de água. Em alguns tipos, o grupo de 'Al' – alumínio trivalente é trocado por 'Fe' – ferro ou 'Mg' – magnésio divalentes, como por exemplo no caso da nontronita que é muito encontrada nas fissuras de decomposição do basalto, e está entre as mais expansivas argilas. Esta possível 'troca' na composição das argilas torna o estudo de seu comportamento e propriedades ainda mais complexo

As ilitas apresentam estrutura semelhante as montmorilonitas mas, neste caso, as ligações físicas se processam a partir de um cátion, (grande parte do 'Si' quadrivalente é substituído pelo 'Al' trivalente) o que dá a estrutura mais estabilidade em termos de expansibilidade.

Estes diferentes tipos de composição implicam também diferentes volumes e áreas de superfícies das partículas, conferindo, então, grande influência sobre as propriedades das argilas. Desta forma as partículas de montmorilonitas apresentam um volume 10^{-4} vezes menor que os de caulinita e uma área (superfície) 10^{-2} menor. Ou seja, para um mesmo volume, a superfície das montmorilonitas é 100 vezes maior que das caolinitas (Pinto, 2002). Estudos demonstraram que esta relação entre a superfície das argilas e seu volume, conceituada como superfície específica (superfície total de um conjunto de partículas dividida pelo seu peso) tem influência direta sobre comportamento das argilas (DAS, 2010).

Então, essa diversidade mineralógica repercute nos fenômenos relacionados com a capacidade de troca catiônica (CTC) que, de forma simplista, corresponde ao maior ou menor potencial de atividade eletro-molecular dos argilominerais, determinando significativamente o comportamento mecânico dos solos. Como referencial, Guimarães (1997) destaca que a CTC das montmorilonitas é da ordem de 1 mE/g enquanto a das caulinitas aproxima de 0,1 mE/g. Desta forma o estudo sobre as propriedades e comportamento das argilas torna-se complexo (pois envolve fatores ligados à alcalinidade do meio, às energias de repulsão e atração, ao balanço estequiométrico, etc.), e exige cuidado em relação a qualquer generalização.

Entretanto, há um consenso entre os autores de mecânica dos solos e geotécnica de que o condicionamento de formação do solo (origem mineralógica), e mais especificamente das argilas, é fundamental na determinação de suas características não sendo possível uma previsão ou compreensão de suas propriedades somente pela análise granulométrica.

Em obra que se tornou referência para o estudo de mecânica dos solos no país, Milton Vargas (1978, p. 35) afirma: "Em Mecânica dos Solos adotou-se como propriedades índices

dos solos...sua granulometria, sua plasticidade e a atividade da fração fina dos solos” de forma mais taxativa ele comenta: “podem-se encontrar siltes, argilas e solos argilosos de mesma curva granulométrica cujos comportamentos não sejam semelhantes” ou ainda “...propriedades mecânicas dos solos (...) vão depender: 1) da granulometria...2) da espécie mineralógica da fração argila...3) do teor de umidade”.

No que o autor é seguido pelo professor Caputo (1973, p. 47), também em outra obra de referência na área: “A experiência mostrou que, para solos em cuja textura haja uma certa porcentagem de fração fina (argila + silte), não basta a granulometria para caracterizá-los...”

Portanto não restam dúvidas de que este estudo tem de ser feito, a questão passa a ser como fazê-lo e viabilizá-lo em obras com menos recursos.

3. A IMPORTÂNCIA DOS LIMITES DE CONSISTÊNCIA ASSOCIADOS À ANÁLISE MINERALÓGICA

Diante da complexidade do comportamento das argilas no solo, a mecânica dos solos desenvolveu uma forma de leitura indireta sobre o comportamento dos solos baseado no diferente comportamento das argilas frente à ação da água. Estas propriedades foram propostas pela primeira vez pelo engenheiro químico Atterberg, que estudava os solos sob o ponto de vista agrônomo (Pinto, 2002). Por isso, estas foram denominadas limites de Atterberg. Entretanto, foi um professor de mecânica dos solos, Artur Casagrande, quem conseguiu padronizar o procedimento de determinação das propriedades propostas por Atterberg de forma a possibilitar o seu uso corrente na engenharia. Para isso, desenvolveu um aparelho que leva o seu nome: aparelho de Casagrande.

Não se acredita que seja necessário explicar aqui o processo que leva a definição dos limites de liquidez, plasticidade e do índice de plasticidade, uma vez que o ensaio é razoavelmente difundido entre os profissionais e pesquisadores da área de edificações de terra e normalizado pela ABNT.

O importante é ressaltar a importância que tem estas determinações porque, associadas à análise granulométrica do solo, permitem compreender o comportamento provável do solo, uma vez que, mesmo com uma baixa porcentagem de argila, pode indicar se esta argila apresenta um grande grau de reatividade ou não.

Conforme comenta Pinto (2002), com o conhecimento dos índices de consistência, a previsibilidade do comportamento dos solos tem aumentado significativamente, tendo sido estabelecidas diversas relações empíricas para uso restrito aos solos de determinada região ou determinada conformação geológica. Infelizmente mesmo com a associação destas características (granulometria e limites) a previsão do comportamento de forma mais segura ainda depende da experiência com solos similares, e sobretudo, de conhecimento mais aprofundado da constituição mineralógica da fração fina dos solos.

Do que foi exposto, é importante ressaltar que a análise granulométrica não pode ser vista como um critério isolado para a compreensão dos solos enquanto material construtivo como se poderá comprovar pelos testes a seguir apresentados.

4. UMA DEMONSTRAÇÃO PRÁTICA: O CASO DOS ADOBES DE “BICHINHO”

A seguir se apresenta os resultados de análise granulométrica de solo utilizado para produção de adobe no vilarejo de “Bichinho”.

4.1. Resultados do ensaio de granulometria

Para análise de caracterização, selecionou-se o solo seguindo a metodologia proposta pela Associação Brasileira de Norma Técnica, indicada por Faria (2002). A coleta foi realizada através da retirada de uma amostra com aproximadamente 5 kg de cinco pontos diferentes, com identificação em planta e em cada saco de amostra.

O ensaio de granulometria foi realizado de acordo com as normas da ABNT (NBR 7181/1984) por reconhecida empresa de ensaios de mecânica do solo de Belo Horizonte. O gráfico apresentado na figura 1 mostra a porcentagem dos grãos e partículas do solo. De

acordo com a análise, o solo possui 1% de argila, 65% de silte, 16% de areia fina, 14% de areia média, 3% de areia grossa e menos de 1% de pedregulhos.

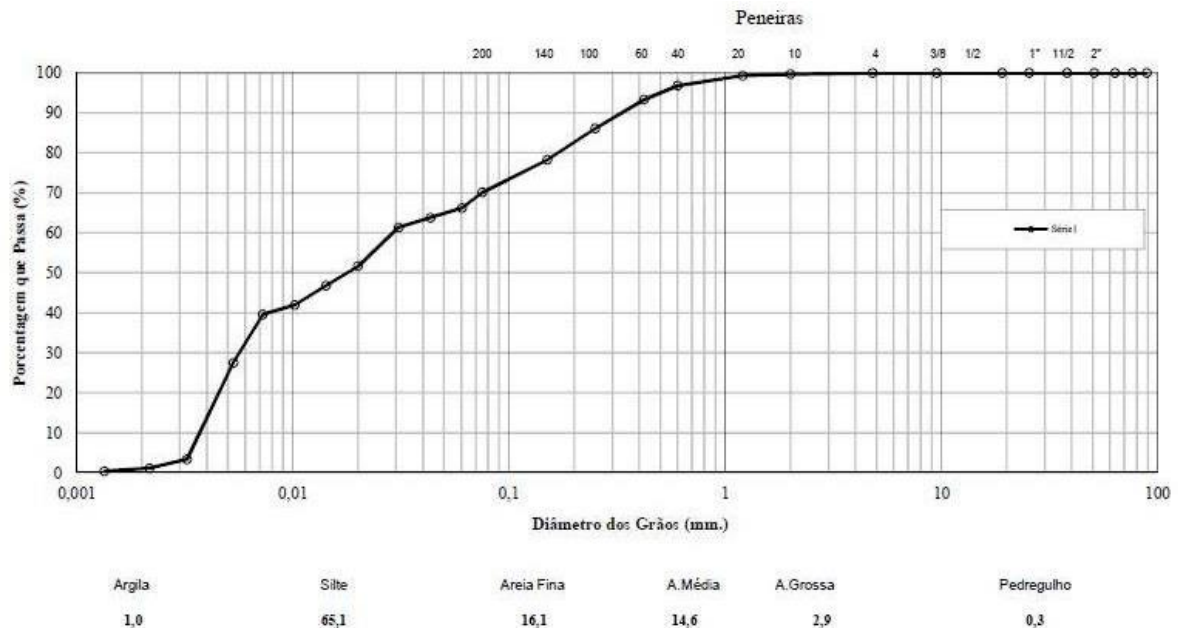


Figura 1 – Composição granulométrica do solo

4.2 Metodologia e resultado do ensaio de compressão simples

O ensaio para determinação da resistência à compressão do adobe foi realizado de acordo com normas da ABNT (NBR 6460 e NBR 8492).

Os corpos de prova para realização do ensaio foram preparados de acordo com as orientações de pesquisa da rede PROTERRA (Neves; Faria, 2007), como se descreve a seguir.

1. Os adobes foram serrados ao meio, em sua maior dimensão, como indicado nas Figuras 2 e 3, com o auxílio de um gabarito fabricado especialmente para esse fim.
2. As duas metades de cada bloco foram assentadas, uma sobre a outra. A argamassa utilizada era constituída de cimento, areia e água (Figura 4). As superfícies dos blocos que iriam receber a argamassa foram levemente umedecidas com o auxílio de uma esponja, uma vez que é necessário que o cimento se mantenha hidratado para que ocorra pega

Uma superfície plana foi devidamente untada, para que recebesse a primeira camada da pasta. Em seguida, sobre a metade assentada foi acrescentada de pasta, e a segunda metade foi colocada sobre ela, representado na Figura 5. Os excessos foram devidamente removidos com uma espátula metálica.

Para o assentamento da última superfície, paralela às superfícies que foram assentadas, é necessário que a argamassa usada na união entre os blocos esteja curada, de modo que não se desfaça durante o procedimento. Os blocos unidos foram invertidos em 180° com o eixo horizontal e colocada sobre a superfície uma camada de pasta repetindo o primeiro procedimento realizado com a primeira metade dos blocos (untar superfície, aplicar pasta e assentar o bloco), como mostrado na Figura 6.

Nessa etapa foi utilizado um nível para garantir que as faces superior e inferior estejam paralelas.

3. Após a cura da argamassa utilizada nos blocos, estes foram submetidos à secagem em estufa durante 24 h, antes do início dos ensaios de compressão.



Figura 2 - Gabarito para adobe. Fonte: Vale, 2012



Figura 3 - Blocos cortados ao meio, devidamente posicionados e enumerados. Fonte: Vale, 2012.



Figura 4 - Preparo da argamassa. Fonte: Vale, 2012.



Figura 5 - Primeiro assentamento e união das metades de cada bloco. Fonte: Vale, 2012.



Figura 6 - Corpos de provas prontos. Fonte: Vale, 2012.

Para dar início aos ensaios de resistência à compressão, foi necessária a definição da área da seção de ruptura. Foram feitas medidas de quatro dimensões das seções médias dos corpos de prova, como mostrado na Figura 7.

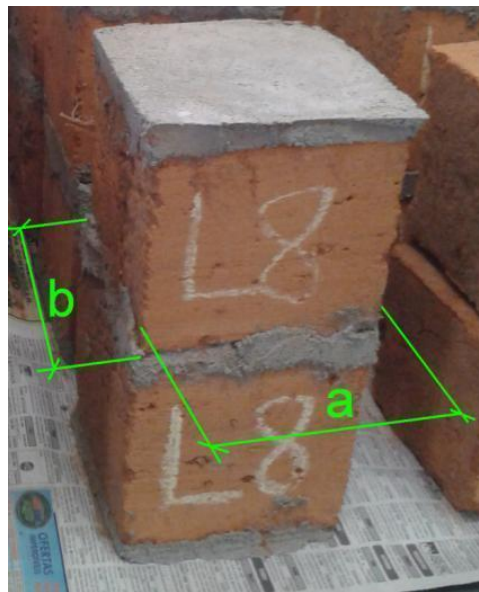


Figura 7 - Medição das dimensões da seção de ruptura. Fonte: Vale, 2012.

A partir dos valores encontrados, calculou-se a área média da seção de ruptura pela seguinte equação:

$$A_{\text{média}} = a_{\text{médio}} \times b_{\text{médio}}$$

em que:

A: área média (m²);

$a_{\text{médio}}$: $(a_1 + a_2 + a_3 + a_4)/4$; e

$b_{\text{médio}}$: $(b_1 + b_2 + b_3 + b_4)/4$.

A área média calculada a partir da equação anterior foi de 181 cm². Essa área foi igualada à $\pi d^2/4$, para ser estabelecido um diâmetro referente à área de compressão da prensa que possui forma circular. A prensa utilizada para o ensaio mecânico e o processo de

compressão, em que a carga é aplicada pelo dispositivo metálico rotular, que transfere carga ao paralelepípedo, que, por sua vez, transfere ao corpo de prova, devidamente fixado, um carregamento uniforme (10 MPa/min) e com velocidade constante, podem ser visualizados na Figura 8.



Figura 8 – Prensa de ensaio de compressão. Fonte: Vale, 2012.

Os resultados dos ensaios de compressão são apresentados na tabela 1. Constata-se que, apesar do solo conter grande quantidade de silte e pequena de argila, os blocos apresentam uma boa resistência à compressão simples, demonstrando que a argila existente possui um grande índice de atividade.

Por outro lado são também um exemplo de que somente a composição granulométrica não pode ser tomada como único padrão para a análise das propriedades de um solo.

Tabela 1 – Resultados do teste de resistência

Corpos de prova		
Corpos de prova	Carga de ruptura (kgf)	Tensão de ruptura (MPa)
CP 1	4371	2,41
CP 2	2009	1,10
CP 3	4821	2,66
CP 4	3141	1,73
CP 5	3336	1,84
CP 6	3811	2,10
CP 7	4042	2,23
CP 8	3823	2,11
CP 9	3360	1,85
CP 10	3336	1,84
Valor Médio	3605	1,99
Desvio-padrão	768,4	0,4245
Coeficiente de Variação (%)	21,31	21,31
Valor Mínimo	2009	1,11
Valor Máximo	4821	2,66

Fonte: Departamento de Engenharia Materiais e Construção – UFMG, dez. 2012

5 CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS

Nas recomendações e estudos sobre as características dos solos para construções tem se enfatizado demasiadamente os testes e características granulométricos em detrimento da constituição mineralógica das argilas presentes.

Esta ênfase tem que se modificar pois como se pode constatar facilmente nos estudos de mecânica dos solos e no exemplo demonstrado, o tipo de argila presente no solo tem um papel importante em suas propriedades.

Neste artigo além de se fornecer uma breve explicação para estas diferentes propriedades, apresentou-se a importância dos testes de consistência (limites de Atterberg), desenvolvido exatamente no sentido de se estabelecer algum tipo de leitura da atividade da argila presente no solo. Portanto, este é o primeiro desdobramento prático proposto: que se mostre a importância dos limites de Atterberg para a compreensão das propriedades do solo, e ao mesmo tempo, a impossibilidade de se prever qualquer tipo de comportamento unicamente a partir dos testes granulométricos.

Outro aspecto importante é que os construtores e restauradores das edificações em terra comecem a buscar outros testes que possam representar mais sobre as características do solo enquanto material construtivo. Passados já quase 50 anos de quando, nos anos 70 do século passado, as construções em terra surgiram como uma séria proposta rumo a sustentabilidade, ainda tem-se nos testes desenvolvidos fundamentalmente para a construção de estradas a única fonte de informações sobre as propriedades do solo para a construção. É hora de se buscar testes ainda mais confiáveis, baratos e precisos no sentido de se conservar e criar novas construções em terra. O futuro simbolizado pelas as novas construções, e o passado simbolizado pelas construções históricas pedem estes estudos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7181: Solo - Análise granulométrica. Rio de Janeiro: ABNT, 1984.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6460: Tijolo maciço cerâmico para alvenaria – Verificação da resistência à compressão. Rio de Janeiro: ABNT, 1983
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8492: Tijolo maciço de solo-cimento: Determinação da resistência à compressão e da absorção de água. Rio de Janeiro: ABNT, 1984.
- CAPUTO, H. P. Mecânica dos solos e suas aplicações. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1973.
- DAS, B. M. Fundamentos de Engenharia Geotécnica. São Paulo: Cengage Learning, 2011.
- FARIA, O. B. Utilização de macrófitas aquáticas na produção de adobe: um estudo de caso na represa de Salto Grande (América-SP). 2002. Tese (Doutorado) - São Carlos, Centro de Recursos Hídricos e Engenharia Ambiental, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2002.
- GUIMARÃES, J. E. P. A cal – Fundamentos e aplicações na Engenharia Civil. São Paulo: Pini, 1997.
- HOUBEN, H.; GUILLAUD, H. Earth Construction. A comprehensive guide. Rugby: Intermediate Technology Publications Ltda, 2008.
- MINKE, G. Manual de construcción en tierra. [S.l.]: Editora Fin del Siglo, 1994
- NEVES, C. M. M.; FARIA, O. B. Proposta de padronização de ensaios para caracterização física e mecânica de adobes. Rede Ibero-Americana PROTERRA; Ensaios interlaboratoriais, 2007. Disponível em www.redproterra.org
- PINTO, C. S. Curso básico de mecânica dos solos. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

VARGAS, M. Introdução a mecânica dos solos. São Paulo: McGraw-Hill, 1978.

NOTAS

¹Não há consenso entre os pesquisadores na área se o termo 'arquitetura de terra' incluiria ou não todas as 'construções em terra'. O tema é polêmico e derivado da própria compreensão do que seja arquitetura. Como alternativa adota-se neste artigo o termo 'edificações em terra' referindo-se a todas as formas de construções e projetos feitas pelo homem a partir da terra (solo) como material de construção, incluindo aí todo o universo da chamada arquitetura vernácula.

AUTORES

Marco Antônio Penido de Rezende, Professor Associado, Depto. Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo, Escola de Arquitetura, UFMG. Arquiteto, Mestre em Arquitetura, Doutor em Construção Civil (USP, 2003), Pós-doutorado em Arquitetura Vernácula (University of Oregon, EUA, 2010). Artigos, consultoria e ensino na área de Arquitetura de Terra, Arquitetura Vernácula, Conservação Construções, Transferência Tecnológica. Membro fundador redes Proterra e TerraBrasil.

Antônio Ananias de Mendonça, Engenheiro Civil e mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Viçosa (1994), desenvolve atividades acadêmicas (Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG) e, no âmbito da iniciativa privada, presta serviços geotécnicos (SOLU Engenharia Geotécnica Ltda. – consultoria e projeto). Atua nos seguintes segmentos: sistemas de fundação predial, estabilização física/química de solos, análise de estabilidade de taludes, sistemas de estabilização de maciços terrosos e ensaios laboratoriais de solos.

Jaqueline Leite Ribeiro do Vale, Arquiteta, especialização em Sistemas Tecnológicos e Sustentabilidade Aplicados ao Ambiente Construído, Mestre em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável pela Universidade Federal de Minas Gerais. Professora no Centro Universitário Newton Paiva.

**ESTUDO DA CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E MECÂNICA DOS ADOBES
PRODUZIDOS EM VITORIANO VELOSO (BICHINHO) – MINAS GERAIS****Jaqueline L. R. do Vale¹; Danielle F. Flores²; Marco Antônio Penido de Rezende³**¹Centro Universitário Newton Paiva – jaquelinevale@gmail.com
Universidade Federal de Minas Gerais²daniellefreitasflores@gmail.com; ³marco.penido.rezende@hotmail.com;**PALAVRAS-CHAVE:** Sustentabilidade, arquitetura vernácula, terra, adobe**Resumo**

Nos dias atuais, as técnicas vernáculas de construção estão sendo cada vez mais valorizadas e seu estudo é de grande importância para a preservação do patrimônio material e imaterial e o registro das identidades culturais. Apesar de existirem muitos preconceitos sobre a técnica em questão, em algumas comunidades ainda se utiliza o adobe como material de construção, como é o caso do distrito de Vitoriano Veloso (Bichinho), Minas Gerais. Atualmente existem três produtores de adobe no distrito, colaborando assim para a difusão e aplicação da técnica na região. Este trabalho teve como objetivo fazer a caracterização física e mecânica dos adobes de dois produtores de Bichinho, por meio de análises de caracterização do solo utilizado, bem como ensaios laboratoriais, como absorção de água e resistência à compressão. Os resultados indicaram que, apesar da terra utilizada não ser adequada para a produção do adobe, segundo referências bibliográficas, os adobes produzidos com o solo de aproximadamente 65,3% de silte, apresentaram resistência à compressão média de 2,05 MPa.

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, várias técnicas de arquitetura de terra, como o adobe, pau a pique, vêm sendo cada vez menos utilizada pela sociedade devido a diversos motivos. O preconceito em relação às técnicas de terra crua é estudado e combatido por pesquisadores da área, sendo a preocupação com insalubridades, como a doença de Chagas (Silva, 2000) e preocupações com a resistência dos materiais alguns dos motivos. Mas, exemplos de utilização correta dessas técnicas, por meio de sistemas simples de análise do solo e técnicas construtivas específicas para cada tipo de construção, existem para quebrar esse paradigma. Algumas cidades históricas, como Ouro Preto e Tiradentes, no Estado de Minas Gerais, têm utilizado adobe como material de construção. Por meio de produção individual ou de comercialização com produtores locais, a construção com adobe vem sendo resgatada, não só mantendo uma arquitetura colonial local, mas também através de construções com um estilo arquitetônico contemporâneo.

É nesse cenário que várias pesquisas nessa área são desenvolvidas. Pesquisar e registrar o processo de técnicas vernáculas por meio de consultas com os mestres e a caracterização física e mecânica dos adobes produzidos nessas comunidades faz-se cada vez mais presente, seja para poder contribuir com uma melhoria na qualidade, quando necessária, seja para analisar as diversas variantes que contribuem para a qualidade dos adobes produzidos.

A composição granulométrica é uma propriedade importante quando se discute a qualidade final dos adobes e inúmeras pesquisas já foram e estão sendo desenvolvidas atualmente nesse campo. Segundo Velloso et al. (1985 apud Corrêa et al., 2006) o solo ideal para a produção de adobe deveria conter quantidades de argila e silte entre 9% e 3% respectivamente; de acordo com Alves (1985 apud Corrêa et al., 2006), a proporção deve ser de no máximo 20% de argila e no máximo 45% de areia. Já para McHenry (1998) o ideal

é que a proporção seja de aproximadamente 50% de areia e agregado e 50% de argila e silte.

Existem hoje comunidades onde ainda utilizam técnicas tradicionais, e estudos e ensaios dos adobes produzidos são essenciais para preservação, disseminação e valorização da técnica, assim como o registro do 'saber fazer' dos mestres locais. Este é o caso do distrito de Vitoriano Veloso, mais conhecido como Bichinho, localizado no estado de Minas Gerais, próximo à Tiradentes, cidade histórica nacional.

A proposta desta pesquisa é realizar análise de caracterização física e mecânica dos adobes de dois produtores locais, por meio de ensaios de massa específica aparente, absorção de água e resistência à compressão.

2. METODOLOGIA

2.1 Ensaios de caracterização do solo

Os ensaios de caracterização do solo foram realizados em laboratório especializado, localizado na cidade de Belo Horizonte.

2.2 Amostragem

Para análise de caracterização do solo, selecionou-se amostras de dois locais diferentes. A coleta foi realizada através da retirada de amostras com aproximadamente 5 kg de cinco pontos diferentes, com identificação em planta e em cada recipiente. Em laboratório, as amostras de cada produtor foram misturadas e enviadas para análise.

O primeiro solo analisado foi coletado do local de produção do Luiz (Produtor 1). O segundo solo, utilizado pelo Fernando (Produtor 2), foi retirado de um terreno na estrada que liga Bichinho a Prados.

2.3 Análise granulométrica

Os ensaios de análise granulométrica foram executados segundo a NBR 7181 (ABNT, 1984) e os ensaios de limite de plasticidade, limite de liquidez, limite de contração e massa específica dos grãos foram realizadas conforme normas técnicas brasileiras específicas.

2.4 Massa específica aparente

Para os ensaios a seguir foram selecionados 30 adobes no local de produção em Bichinho de dois produtores locais, caracterizados como Produtor 1 (Luiz) e Produtor 2 (Fernando) e direcionados ao Laboratório de Materiais da Escola de Engenharia da UFMG. Foram realizadas inspeções visuais (trincas e patologias), verificações da padronização de medidas e da conformidade dos adobes produzidos, de forma a serem definidas as amostragens estatisticamente válidas para os demais testes, de cada produtor.

Baseado em Faria (2002), os adobes foram medidos em todas as suas dimensões (12 medições, quatro no comprimento, quatro na largura e quatro na altura), por meio de trena metálica (1 mm de precisão), seguindo o modelo esquemático padronizado de medições a fim de obter valores médios representativos de cada produção. Depois de medidos, os adobes foram pesados em balança eletrônica com precisão de 5 g.

Os resultados obtidos de dimensões foram simplificados em valores médios, de modo a gerar resultados em termos de altura média (H_m), largura média (L_m) e comprimento médio (C_m). Deste foi possível calcular a massa específica aparente (ρ_{ap}), utilizando a seguinte equação:

$$\rho_{apT} = \frac{M_{TUh}}{V_T}$$

em que:

$$\rho_{apT} = \text{massa específica aparente do adobe (g/cm}^3\text{)};$$

M_{TUh} = massa do adobe (g);

$V_T = C_m \times L_m \times H_m$: volume do adobe (cm³);

$C_m = (C1 + C2 + C3 + C4)/4$;

$L_m = (L1 + L2 + L3 + L4)/4$; e

$H_m = (H1 + H2 + H3 + H4)/4$.

2.5. Absorção de água

Este ensaio foi realizado de acordo com a norma NBR 8492 (ABNT, 1984), com adobes cujas massas da umidade higroscópica já foram medidas, devido ao ensaio anterior. Para o ensaio, utilizou-se o seguinte método: os blocos foram submetidos à secagem em uma estufa ventilada por 48 h; em seguida, foram pesados em balança eletrônica, com precisão de 5 g, para determinação da massa seca (M_{T0}); após seu completo resfriamento, foram dispostos em bandejas e imersos em uma caixa metálica, por 24 h (Figura 1); após o período de imersão, os blocos foram encontrados com forma e arestas bem definidas. Enxugou-se a água superficialmente com um pano úmido e, em seguida, foram pesados, na mesma balança anterior, para determinação da massa saturada (M_{Tsat}).



Figura 1 – Adobes em estufa para secagem; adobes recém-imersos em tanque de água e após 24 horas de imersão. Fonte: Produzido pela autora Danielle, 2012.

A absorção de água foi calculada com a seguintes equação:

$$AA = \frac{(M_{Tsat} - M_{T0})}{M_{T0}} \times 100$$

em que:

AA: absorção de água (%);

M_{Tsat} : massa do adobe saturado (g); e

M_{T0} : massa do adobe seco em estufa (g).

2.6. Resistência à compressão

Os ensaios de ruptura à compressão simples de blocos de adobe foram realizados de acordo com normas NBR 6460 (ABNT, 1983) e NBR 8492 (ABNT, 1984), referentes à tijolos cerâmicos e tijolos solo cimento, respectivamente, uma vez que ainda não existem normas para ensaios de adobe.

Para realização dos testes de resistência à compressão, os corpos de prova já enumerados anteriormente foram preparados como descrito a seguir:

1. Os adobes foram serrados ao meio, em sua maior dimensão, com o auxílio de um gabarito fabricado especialmente para esse fim.

2. As duas metades de cada bloco foram assentadas, uma sobre a outra. A argamassa utilizada era constituída de cimento, areia e água.

Os blocos unidos foram invertidos em 180° com o eixo horizontal e colocada sobre a superfície uma camada de pasta repetindo o primeiro procedimento realizado com a primeira metade dos blocos (untar superfície, aplicar pasta e assentar o bloco).

Nessa etapa foi utilizado um nível para garantir que as faces superior e inferior estejam paralelas.

3. Após a cura dos blocos, estes foram submetidos à secagem em estufa durante 24 h, antes do início do ensaio de compressão.

Para dar início ao ensaio de resistência à compressão, foi necessária a definição da área da seção de ruptura. Foram feitas medidas de quatro dimensões das seções médias dos corpos de prova.

A partir dos valores encontrados, calculou-se a área média da seção de ruptura pela seguinte equação:

$$A_{\text{média}} = a_{\text{médio}} \times b_{\text{médio}}$$

em que:

A: área média (m²);

$a_{\text{médio}}$: $(a_1 + a_2 + a_3 + a_4)/4$; e

$b_{\text{médio}}$: $(b_1 + b_2 + b_3 + b_4)/4$.

A área média calculada a partir da equação anterior foi de 181 cm² para os corpos de prova do produtor Luiz e 176 cm² para os corpos de prova do produtor Fernando. Essa área foi igualada à $\pi d^2/4$, para ser estabelecido um diâmetro referente à área de compressão da máquina que possui forma circular. A máquina de ensaio mecânico e o processo de compressão, em que a carga é aplicada pelo dispositivo metálico rotular, que transfere carga ao paralelepípedo, que por sua vez transfere ao corpo de prova, devidamente fixado, um carregamento uniforme (10 MPa/min) e com velocidade constante.

3. RESULTADO E DISCUSSÃO

Os itens a seguir indicam os resultados das análises de caracterização física dos dois solos analisados.

Os ensaios mais analisados são o de granulometria e plasticidade, sendo estes os principais para analisar o tipo de terra utilizada e observar a relação com os resultados do ensaio de resistência.

3.1. Análise granulométrica

O gráfico apresentado na figura 2 demonstra a porcentagem das partículas do solo do produtor Luiz. De acordo com a análise, o solo possui 1% de argila, 65,1% de silte, 16,1% de areia fina, 14,6% de areia média, 2,9% de areia grossa e 0,3% de pedregulhos.

O gráfico apresentado na figura 3 demonstra a porcentagem das partículas do solo do produtor Fernando. De acordo com a análise, o solo possui 1% de argila, 65,5% de silte, 14,2% de areia fina, 12,3% de areia média, 6,6% de areia grossa e 0,5% de pedregulhos.

A baixa quantidade de argila, ambos com 1%, representa um solo com baixa retração e coesão. Esse dado é importante para compreender seu comportamento durante a produção. Por possuírem baixos coeficientes de expansão e contração quando submetidos às variações de temperatura, apresentam menores probabilidades de patologias relacionadas a rachaduras, uma vez que ela é proporcionada pela expansão seguida de retração exagerada do material, somadas às baixas capacidades de absorção dessa movimentação.

O que explica a observação durante a pesquisa de campo da baixa quantidade de rachaduras nos adobes, mesmo todos os produtores não utilizarem local coberto para secagem. Somando-se esse comportamento à baixa coesão, por possuir um quantitativo baixo de partículas de solos argilosas e pulverulentas, o material possui menor capacidade de retenção de água em meio ao solo constituinte do adobe, reforçando o observado em campo. A menor coesão entre as partículas constituintes do solo também proporciona maior trabalhabilidade o que interfere diretamente na produção dos quantitativos de adobes. Em contrapartida, a baixa coesão propicia blocos mais quebradiços em se tratando de impactos e de resistência à compressão, uma vez que a maior parte das ligações entre os constituintes são obtidas por atrito e não por ligações químicas intermoleculares, justificada pela granulometria dos solos estudados.

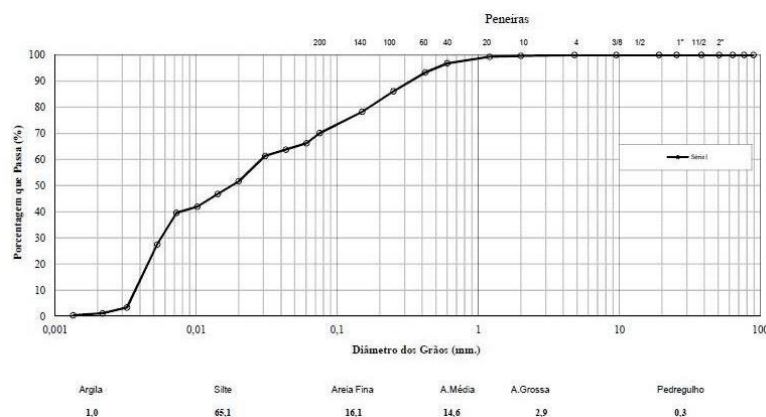


Figura 2 – Análise granulométrica por peneiramento e sedimentação de solo do produtor Luiz. Fonte: PATTROL, 2012.

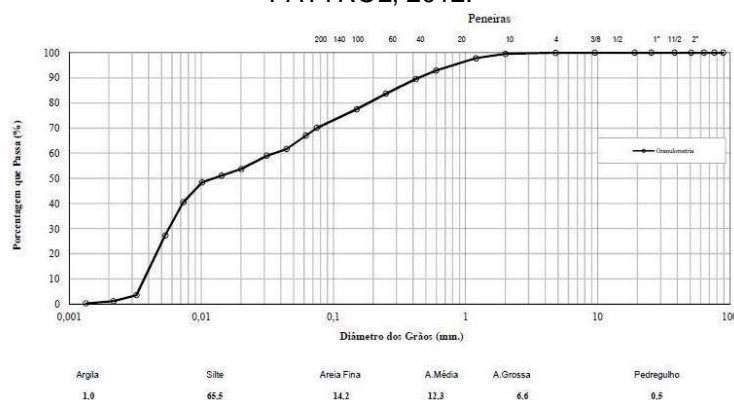


Figura 3 - Análise granulométrica por peneiramento e sedimentação solo do produtor Fernando. Fonte: PATTROL, 2012.

3.2 Limites de Atteberg

Os limites de Atteberg determinam o teor de umidade do solo em seus diversos estados de consistência; o índice de plasticidade corresponde à diferença entre o limite de liquidez (LL) e o limite de plasticidade (LP).

O índice de plasticidade do solo do produtor Luiz foi de aproximadamente 16% e do produtor Fernando, de 29%.

Esse resultado indica que, mesmo não havendo grandes diferenças de composição granulométrica, o índice de plasticidade pode variar bastante. De acordo com a análise de dados da revisão bibliográfica, o solo do Fernando possuía melhor índice de plasticidade, possuindo, deste modo, maior trabalhabilidade.

3.3. ENSAIOS DO ADOBE

Nos itens a seguir estão apresentados os resultados dos ensaios realizados com os adobes dos produtores Luiz e Fernando.

Massa específica aparente

A média da massa específica aparente dos 10 blocos analisados de cada produtor foi de 1,459 g/cm³ para os blocos do Fernando e de 1,546 g/cm³ para os do Luiz.

Absorção de água

Após secagem em estufa e deixado em imersão durante 24 h, os adobes foram pesados novamente, cujos resultados são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Massa dos adobes secos e saturados

Produtor	adobe	Massa do adobe (kg)		Absorção de água (%)	
		seco	saturado	individual	média
Luiz	1	6,2827	7,0052	11,50	23,25
	2	6,9812	8,482	21,50	
	3	7,0158	9,5944	36,75	
Fernando	4	6,9802	9,0286	29,35	26,60
	5	6,9208	8,4819	22,56	
	6	6,2474	7,9903	27,90	

Fonte: Produzido pela autora Danielle, 2012.

Os resultados deste ensaio são importantes, pois os adobes demonstraram resistência à incidência direta de água, não desmanchando e mantendo suas arestas bem delineadas mesmo após 24 h submersos em água.

Resistência à compressão

A Tabela 2 apresenta os valores de resistência à compressão de 10 adobes de cada produtor.

Analisando esses resultados, com uma resistência à compressão média dos tijolos de 1,99 MPa para os adobes do Produtor Luis e 2,11 MPa para os adobes do Produtor Fernando, nota-se que, mesmo ambos os produtores utilizarem uma terra com alto índice de silte e pouca quantidade de argila e não empregarem nenhum tipo de estabilizantes, os adobes apresentaram bons resultados de resistência à compressão. Em se tratando de um solo constituído por particulados grosseiros e pouca argila, suas ligações se dão fundamentalmente por atrito entre as partículas, o que promove baixas capacidades a compressões, sendo facilmente desfeito por pequenas cargas.

O fato de os dois solos analisados possuírem características granulométricas semelhantes, pode-se concluir que o índice de plasticidade, apresentados no item 3.2, pode influenciar no resultado de resistência à compressão. Como se pode verificar, o solo do Fernando, que possui um índice de plasticidade de 29%, apresentou uma média de resistência de 2,11 MPa. Já o solo do Luiz, que apresentou um índice de plasticidade de 16%, nota-se uma queda na resistência à compressão, com uma média de 1,99 MPa.

Tal comparação pode ser levantada uma vez que quando dois corpos com propriedades semelhantes são submetidos à compressão ao longo do tempo, os corpos que possuem maior plasticidade possuem maiores capacidades de deformação antes que ocorra a ruptura, proporcionando rupturas com valores pouco superiores como apresentado na Figura 4, os diferentes comportamentos.

Tabela 2 – Resultados do ensaio de resistência à compressão.

Corpos de prova	Resistência à compressão (MPa)	
	Produtor Luiz	Produtor Fernando
CP 1	2,41	2,20
CP 2	1,10	2,43
CP 3	2,66	1,92
CP 4	1,73	2,09
CP 5	1,84	2,17
CP 6	2,10	2,04
CP 7	2,23	2,22
CP 8	2,11	2,40
CP 9	1,85	2,11
CP 10	1,84	1,54
Número de CPs	10	10
Média	1,99	2,11
Desvio-padrão	0,4245	0,2481
Coef. var. (%)	21,31	11,91
Valor mínimo	1,11	1,54
Valor máximo	2,66	2,43

Fonte: Departamento Engenharia de Materiais e Construção, dez 2012.

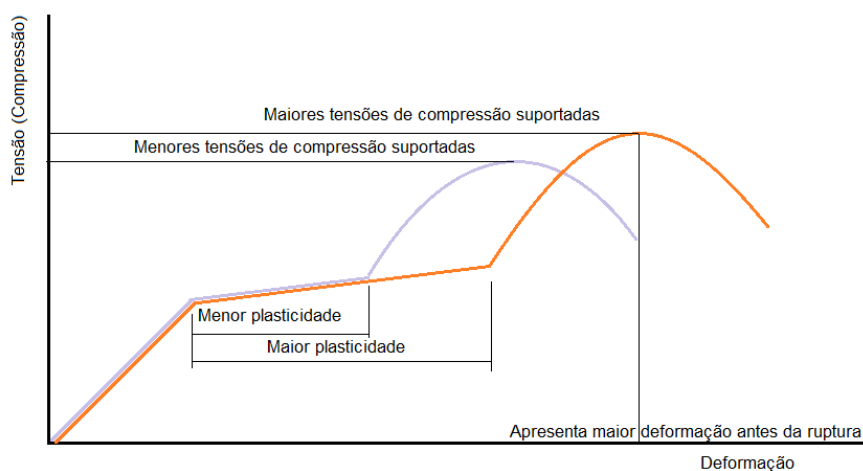


Figura 4 – Comparativo de tensão X deformação

Fonte: Produzido pela autora Danielle, 2014.

4. CONCLUSÃO

Apesar do conhecimento adquirido pela prática e o 'saber-fazer' da técnica, os dois produtores locais demonstraram pouco conhecimento e preocupação para identificação da terra utilizada, que demonstra que pesquisas de extensões nessa área são necessárias para aproximar os pesquisadores dos produtores locais.

Através dos ensaios laboratoriais nos solos e adobes, percebeu-se que, apesar do solo utilizado não apresentar uma composição granulométrica adequada para a produção de adobe, de acordo com referências bibliográficas citadas, os adobes apresentaram resultado satisfatório de absorção de água e resistência à compressão.

Apesar de os testes granulométricos terem apresentados valores de aproximadamente 1% de argila para os solos de ambos produtores pode-se concluir que o solo utilizado pelo produtor Fernando possui quantitativo superior de argila ao qual não pode ser mensurado com eficiência devido à precisão de 5 g da balança utilizada para levantar os percentuais.

Além disso, dois solos com granulometrias semelhantes, partículas das mesma forma e estruturas semelhantes podem apresentar comportamentos distintos à plasticidade devido à composição mineralógica, uma vez que a plasticidade de um solo é obtida pela absorção de água que circunda as partículas coloidais laminares dos argilominerais que possuem estruturas distintas.

Tendo em vista que a plasticidade é a propriedade que confere deformação irreversível aos corpos, quando submetidos a tensões antes que ocorra a ruptura e que o constituinte que proporciona ao solo tal propriedade são os compostos pulverulentos e argilosos, pode-se inferir as conclusões anteriores. Ainda se deve considerar a influência de aspectos da produção dos adobes, tais como o modo de preparo e amassamento da terra e secagem,

Esta pesquisa mostra que são necessários estudos mais aprofundados da relação da granulometria com a resistência física e mecânica dos adobes para melhor definição dos fatores que podem influenciar tais resultados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, A. T. Terra tierra earth terre. [S.l.: s.n.], [1985?]. Não paginado. Trabalho acadêmico encontrado no Arquivo do Departamento de Materiais de Construção da Escola de Arquitetura da UFMG.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6460: Tijolo maciço cerâmico para alvenaria - Verificação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1983.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7181: Solo - Análise granulométrica. Rio de Janeiro, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8492 – Tijolo maciço de solo-cimento – Determinação da resistência à compressão e da absorção da água. Rio de Janeiro, 1984.

CORRÊA, A. A. R.; TEIXEIRA, V. H.; LOPES, S. P.; OLIVEIRA, M. S. Avaliação das propriedades físicas e mecânicas do adobe (tijolo de terra crua). Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v. 3, n. 3, 2006.

FARIA, O. B. Utilização de macrófitas aquáticas na produção de adobe: um estudo de caso na represa de Salto Grande (América-SP). 2002. Tese (Doutorado) - São Carlos, Centro de Recursos Hídricos e Engenharia Ambiental, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2002.

MCHENRY, P. Adobe: A present from the past. [S.l.]: Building Standards, September-October, 1990.

PATROLL – Investigações Geotécnicas LTDA. Relatório de Ensaios Laboratoriais. 2012

SILVA, C. G. T. Conceitos e preconceitos relativos às construções em terra crua. 2000. Dissertação (Mestrado) - Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz, 2000. Disponível em: <<http://bases.bireme.br/cgi-bin/wxislind.exe/iah/online/?IsisScript=iah/iah.xis&src=google&base=LILACS&lang=p&nextAction=lnk&exprSearch=276640&indexSearch=ID>>.

VELLOSO, C. H. V.; LARA, D. S.; FARIA NETO, J. L.; SAFFAR, J. M. E.; PEREIRA, N. T. Z. Relatório parcial de acompanhamento do projeto estabilização de solos por processos

físicos e físicos-químicos para a construção de paredes de alvenaria ou monolíticas em habitações unifamiliares de baixo custo . Belo Horizonte: CETEC, 1985. 14 p.

AUTORES

Jaqueline Leite Ribeiro do Vale. Arquiteta, especialização em Sistemas Tecnológicos e Sustentabilidade Aplicados ao Ambiente Construído, Mestre em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável pela Universidade Federal de Minas Gerais. Professora no Centro Universitário Newton Paiva.

Danielle de Freitas Flores: Estudante do 10º período do curso de Engenharia Civil pela Universidade Federal de Minas Gerais. Participante de um projeto de pesquisas com tema “Técnicas vernaculares, preservação e sustentabilidade”, professor orientador Marco Antônio Penido de Rezende e mestrandia Jaqueline Leite Ribeiro do Vale.

Marco Antônio Penido de Rezende. Arquiteto, Mestre em Arquitetura, Doutor em Construção Civil, Pós-Doutorado (Universidade Oregon, EUA) em Preservação Histórica e Arquitetura Vernacular. Professor Adjunto Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais. Pesquisas e publicações em história das construções, tecnologia vernácula, arquitetura de terra, inovação tecnológica e conservação construções.

HISTÓRIA, CONSERVAÇÃO E PATRIMÔNIO

ARTIGO CIENTÍFICO

O estudo do potencial da termografia como ferramenta na preservação de edifícios de valor cultural em Viçosa, MG

Bruna Bastos Lima e Ítalo Itamar Caixeiro Stephan

INFORME TÉCNICO

A catedral e o centro histórico de Cuiabá

Anderson Marcelo Lopes Caldeira, Marcela da Silva Almeida, João Mário de Arruda Adrião, Nádia Cristine Freire Alves de Almeida e Joseph Rodrigues de Rosa

Relato de experiência – Técnica vernácula em Barra do Bugres

Gisele Carignani e Victor Bruno Gonçalves dos Reis

Contribuições para o projeto de restauro das paredes de pau a pique na sede da fazenda Palmeiras

Moacyr Corsi Junior

Arquitetura de taipa em Nova Friburgo-RJ

Werther Holzer, Alessandra Villar Damasceno, Luisi Mendonça Fajardo e Paula Couto Guimarães Carvalho

Pautas, lineamientos, estrategias e recomendaciones. Puesta en valor del patrimonio vernáculo andino. San Juan – Argentina

Juan Arturo Pereyra, Luis Alberto Orellano e María Rosa Plana

Restauración del patrimonio religioso rural. Iglesia, San Juan

Ana Valeria Pochi, María Rosa Plana, Luisa Mattioli e Eliana Gabriela Testa

Capela de Nossa Senhora da Conceição de Doutor: do traço colonial às intervenções posteriores, um exemplar edificado da continuidade histórica

Fernanda dos Santos Silva, Joicidele Pedrosa, Julia Isenschmid e Tatiana Paiva

Restauración de una edificación de adobe, ex Capilla Santa Ana

Macarena Torres, Nahuel Quiroga, Felipe Rojas e Alvaro Riquelme

O ESTUDO DO POTENCIAL DA TERMOGRAFIA COMO FERRAMENTA NA PRESERVAÇÃO DE EDIFÍCIO DE VALOR CULTURAL EM VIÇOSA, MG

Bruna Bastos Lima¹; Ítalo Itamar Caixeiro Stephan²

Departamento de Arquitetura e Urbanismo – DAU, Centro de Ciências Exatas, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG
¹brunabastos.arq@gmail.com; ²stephan@ufv.br

Palavras-chave: Conservação, patrimônio, taipa de mão, inspeção termográfica, patologias construtivas

Resumo

A preocupação com a preservação do patrimônio é intrinsecamente moderna, justificada pelo próprio movimento de destruição e reconstrução da cidade em novas bases, a busca pela compreensão da espontaneidade da cidade antiga. Preservar os bens integrantes do patrimônio cultural implica no reconhecimento dos valores artísticos e históricos, que o objeto de intervenção possui, ou seja, do seu caráter único e insubstituível, admitido como obra de arte e/ou documento histórico. Na inspeção de edifícios históricos com intuito de preservação, o ideal é que sejam usadas técnicas não destrutivas, de forma a não causar ou não agravar danos à edificação. A termografia por infravermelho pode ser utilizada para detectar agentes ocultos responsáveis por patologias visíveis, e principalmente, como instrumento na arquitetura preventiva. Neste caso, é possível localizar anomalias não aparentes em fase inicial e definir as intervenções necessárias para evitar danos maiores às edificações. A técnica termográfica, em nível de aplicação, pode ser dividida em passiva e ativa. Na termografia passiva, se considera que os objetos analisados contêm armazenamento interno de energia térmica ou são estimulados por uma fonte natural de calor, como energia solar. Na termografia ativa, os objetos em análise são submetidos a uma fonte artificial de aquecimento ou resfriamento, com o objetivo de provocar o fluxo de calor necessário para geração da imagem térmica. Numa inspeção termográfica são produzidas imagens, os termogramas, e registradas as respectivas temperaturas ao longo da superfície. Após análise dos dados recolhidos, através de software apropriado, torna-se possível tirar conclusões precisas e indicar as medidas a serem tomadas. A presente pesquisa teve como objetivo geral explorar as potencialidades do uso da termografia na preservação de edifícios de valor cultural no Brasil. Para isto foram feitas análises do uso da técnica termográfica em inspeções preventivas e corretivas em edificação de valor histórico e arquitetônico na região da cidade de Viçosa, Minas Gerais. A vantagem evidente da termografia sobre testes invasivos é a não existência de destruição de nenhuma zona construtiva durante o ensaio. Isto resulta em redução do tempo de inspeção, da quantidade de trabalho e do equipamento necessário. Além disso, não provoca nenhuma perturbação da superfície a ensaiar, o que vai de encontro com a necessidade de se resguardar o patrimônio arquitetônico existente.

1. INTRODUÇÃO

1.1 A técnica convencional de preservação de edifícios

A preocupação com a preservação do patrimônio é intrinsecamente moderna, justificada pelo próprio movimento de destruição e reconstrução da cidade em novas bases, a busca pela compreensão da espontaneidade da cidade antiga. Segundo Castriota (2009), com a expansão da globalização o discurso patrimonial passa de monumento histórico e artístico, como se via no passado, para uma concepção de conjunto de bens culturais, que se refere às várias identidades coletivas. Vive-se um deslocamento no campo do patrimônio, aproximando e fazendo dialogar vários campos disciplinares.

Preservar os bens integrantes do patrimônio cultural implica o reconhecimento dos valores artísticos e históricos, que o objeto de intervenção possui, ou seja, do seu caráter único e insubstituível, admitido como obra de arte e/ou documento histórico (Brasil, 2005). Valorizar um bem histórico ou artístico equivale a habilitá-lo com as condições objetivas e ambientais que, sem desvirtuar sua natureza ressaltem suas características e permitam seu ótimo aproveitamento (Normas de Quito, 1967).

É importante discutir qual é o papel do restauro na sociedade contemporânea, para que seja fundamentado o processo de preservação dos bens do patrimônio, que as vezes são privados ou públicos. Um modo seguro de fazer este trabalho, quando há a falta de estudos mais aprofundados, é “transformando sem deformar e destruir aleatoriamente os testemunhos de outras épocas” (Kühl, 2008 p.23).

Compreende-se por Projeto de Intervenção no Patrimônio Edificado, o conjunto de elementos necessários e suficientes para execução das ações destinadas a prolongar o tempo de vida de uma determinada edificação ou conjunto de edificações, englobando os conceitos de restauração, manutenção, estabilização, reabilitação. Cada um destes conceitos corresponde a um tipo de intervenção, que depende, principalmente, do estado de conservação do bem (Brasil, 2005).

Segundo o *Manual de elaboração de projetos de preservação do patrimônio cultural* (Brasil, 2005) o Projeto de Intervenção no Patrimônio Edificado é constituído pelas seguintes etapas:

a) Identificação e conhecimento do bem;

Esta etapa tem o objetivo de conhecer e analisar a edificação sob os aspectos históricos, estéticos, artísticos, formais e técnicos. Objetiva também, conhecer a sua evolução e, principalmente, os valores pelos quais foi reconhecida como patrimônio cultural. São atividades componentes desta etapa:

- Pesquisa histórica;
- Levantamento físico;
- Análise tipológica, Identificação de materiais e sistema construtivo; e
- Prospecções.

b) Diagnóstico;

É a etapa de consolidação dos estudos e pesquisas anteriormente realizados, analisando de forma minuciosa determinados problemas ou interesses específicos de utilização do bem. São atividades componentes desta etapa:

- Mapeamento de danos; e
- Análises do estado de conservação.

c) Proposta de intervenção;

Compreende o conjunto de ações necessárias para caracterizar a intervenção, determinando soluções, definindo usos e procedimentos de execução, abordados técnica e conceitualmente.

1.2 A técnica termográfica

A termografia por infravermelho pode ser definida como uma técnica de avaliação baseada na detecção da radiação, possibilitando a medição de temperaturas e a observação de padrões de distribuição de calor. Esta técnica pode ser utilizada em situações que a variação de temperatura superficial pode indicar alguma condição atípica (Cerdeira et al, 2011).

Entre as principais aplicações desta técnica em vistorias de edificações, podem ser citados: detecção de infiltrações de água, localização de fendas estruturais, descoberta de vazios e defeitos em materiais construtivos, estudos de conservação de energia e monitoramento de sistemas hidráulicos e elétricos.

Atualmente, a termografia infravermelha é uma ferramenta consolidada em testes não destrutivos de equipamentos e monitoramento de sistemas dinâmicos. Existe uma vasta gama de aplicações da termografia nas áreas militar, medicina humana e veterinária, industrial e engenharia civil (Titman, 2001).

Na inspeção de edifícios o ideal é que sejam usadas técnicas não destrutivas, de forma a não causar ou não agravar danos à edificação. A termografia por infravermelho pode ser utilizada para detectar agentes ocultos responsáveis por patologias visíveis, mas, principalmente, como instrumento de engenharia preventiva. Neste caso, é possível localizar anomalias não aparentes em fase inicial e definir as intervenções necessárias para evitar danos maiores às edificações (Mendonça, 2005).

A termografia por infravermelho apresenta como principais vantagens a rapidez de inspeção, a possibilidade de interpretação das imagens em tempo real e o fato da técnica ser não destrutiva. Entre as desvantagens do método pode-se citar a necessidade dos componentes inspecionados possuírem pequena espessura e o custo relativamente alto para aquisição dos equipamentos (Tarpani et al, 2009).

A presente pesquisa tem como objetivo geral explorar as potencialidades do uso da termografia na preservação de edifícios de valor cultural. Para isto foram feitas análises do uso da técnica termográfica em inspeções preventivas e corretivas de edificações de valor histórico e arquitetônico. Como amostra foi escolhida edificação de valor cultural localizada na região da cidade de Viçosa, Minas Gerais, a qual foi inspecionada com uso da termografia por infravermelhos.

2. MARCO TEÓRICO

Em países europeus, já se utiliza o método não destrutivo e a técnica termográfica, no entanto, a peculiaridade do regime climático brasileiro, dos materiais empregados nas edificações históricas e as técnicas de produção, justificam a necessidade da pesquisa e possível utilização dessa técnica para a garantia da preservação do patrimônio histórico e cultural do Brasil.

O potencial da técnica de termografia infravermelha como ferramenta na preservação de edifícios históricos, como técnica não destrutiva de análise de edificações, é grande (Avdelidis, 2004). Permite a avaliação das condições de conservação e a detecção de problemas causados pela deterioração de materiais e da estrutura, sem que haja necessidade de intervenções físicas, condição importante quando se trata da preservação de edificações de caráter histórico.

Segundo Cortizo (2007), um dos principais entraves à técnica convencional de preservação de edifícios é referente ao estágio avançado e muitas vezes irreversível das patologias quando da identificação do problema. A necessidade de uma manifestação exterior deixa impraticável o intuito de preservação e conservação. A identificação da patologia somente após a sua manifestação visual restringe as alternativas de correção e de minimização do problema, pois algumas patologias estão presentes, de forma oculta, já na etapa de projeto e também durante o próprio processo construtivo. Logo, a necessidade de um método de pesquisa mais ágil e eficaz torna-se imprescindível, a fim de garantir o sucesso ou a minimização do insucesso.

A termografia por infravermelhos tem inúmeras aplicações em edifícios. Pode ser utilizada para detecção de causas de patologias verificadas visualmente, tal como pode ser empregue como instrumento de engenharia preventiva, descobrindo patologias ainda não aparentes, mas já embrionárias (Mendonça, 2005).

Anomalias e patologias em uma edificação podem se manifestar como manchas na superfície, presença de fungos ou mofo, por trincas e fissuras, ou ainda por destacamento do revestimento. A causa que originou o processo patológico é um conjunto de solicitações atuando simultaneamente ou isoladamente na edificação (Cortizo, 2008).

Numa inspeção termográfica são produzidas imagens, os termogramas, e registradas as respectivas temperaturas ao longo da superfície. Após análise dos dados recolhidos, através de software apropriado, torna-se possível tirar conclusões precisas e indicar as medidas.

Segundo Mendonça (2005), a termografia em edifícios baseia-se no princípio fundamental de que os materiais com anomalias internas, causados por corrosão, por uma compactação

deficiente, ou infiltração de água, apresentam um fluxo de calor não uniforme, ao longo do material. Sob a observação das condições de fluxo de calor a absorvido ou liberado pelo material, pode determinar-se a existência e a localização de anomalias ou descontinuidades internas. A partir da técnica termográfica é possível, entre outros:

- Detecção de infiltrações ou fugas de água
- Detecção de fendas estruturais
- Detecção de vazios no interior das paredes
- Detecção de corrosão de armaduras
- Localização de redes interiores
- Análise térmica dos edifícios

O uso deste tipo de técnica não destrutiva que abrange, entre outros, o uso de termografia é relativamente novo e pouco usado, seja pelo alto custo dos equipamentos de análise, seja por sua dificuldade de aplicação prática.

Na construção civil, uma variação de temperatura de 1°C até 2°C (2°F a 4°F) é geralmente um indicativo ou uma suspeição de existência de problemas. A partir de 4°C (7°F) pode-se afirmar a existência de anormalidade no corpo. Devido à propriedade de alta condutividade térmica da água, poderá ocorrer um fluxo de calor para fora ou para dentro das construções. Materiais com baixa condutividade térmica tendem a reduzir o fluxo de calor.

De um modo geral, imagens térmicas do processo de termografia passiva apresentam, no interior das edificações, *áreas úmidas com imagem de áreas quentes e áreas secas com imagens de áreas frias*; isto deve ocorrer quando houver um processo de *aquecimento* da parede (recebendo calor do sol) porque a região com água se aquece mais rapidamente que a alvenaria seca. Se a *parede* estiver se *resfriando*, deve acontecer o *contrário* (à tarde ou à noite) (Cortizo, 2007).

3. METODOLOGIA

3.1 A técnica termográfica

A técnica termográfica baseia-se na percepção do perfil de temperatura superficial pelo mecanismo de transferência de calor, uma vez que todo corpo com temperatura acima do zero absoluto (0 K ou -273,15 °C) emite radiação, devido à agitação térmica de seus átomos e moléculas (Cortizo et al, 2008).

O mecanismo de transferência de calor ocorre sempre que existir uma diferença de temperatura entre corpos ou entre um corpo e o ambiente pelos seguintes mecanismos: radiação, condução e convecção. O método termográfico está relacionado apenas à parcela radiativa, sendo que os sensores termográficos trabalham na faixa da região infravermelha do espectro eletromagnético (Jarreta Neto, 2009).

Segundo a Lei de Stefan-Boltzmann, a intensidade de radiação térmica emitida por um corpo é dependente da sua temperatura e da capacidade deste em emitir radiação, dada pela sua emissividade. A emissividade de um corpo é calculada pela relação entre a energia irradiada pelo corpo e a energia irradiada por um corpo negro teórico na mesma temperatura. A Lei de Stefan-Boltzmann corresponde a Equação 1.

$$W = \varepsilon \cdot B \cdot T^4 \quad (\text{Equação 1})$$

Onde,

W: taxa de emissão de energia radiante (W/m²);

ε : emissividade do corpo;

B: constante de Stefan-Boltzmann (5,7.10⁻⁸ W.m⁻².K⁻⁴);

T: temperatura absoluta do corpo (K).

O dispositivo responsável em converter a radiação infravermelha em imagens digitais passíveis de análises é a câmara termográfica. O sensor da câmara converte a radiação térmica em pulsos elétricos, ou quais serão amplificados e convertidos em sinais digitais. Estes sinais são visualizados como imagens coloridas, em uma escala de cinza correspondente a temperatura do objeto. Posteriormente, estas imagens podem ser analisadas por softwares específicos (Sanches, 2009). Um esquema do processo de captação da radiação e geração de imagens térmicas (termogramas) é apresentado na Figura 2.



Figura 1 Esquema da geração de termogramas (Sanches, 2009)

A técnica termográfica, em nível de aplicação, pode ser dividida em passiva e ativa. Na termografia passiva, é considerado que os objetos analisados contêm armazenamento interno de energia térmica ou são estimulados por uma fonte natural de calor, como energia solar. Na termografia ativa, os objetos em análise são submetidos a uma fonte artificial de aquecimento ou resfriamento, com o objetivo de provocar o fluxo de calor necessário para geração da imagem térmica (Maldague, 2001).

Os equipamentos de imageamento termal infravermelho geram imagens, que são os termogramas. Para a análise dos termogramas, é necessário ter conhecimentos básicos e fundamentais de temperatura, transferência de calor e do sistema de imageamento termal infravermelho (programa de obtenção e tratamento da imagem térmica). Em relação ao método de análise, a técnica termográfica pode ser classificada em qualitativa e quantitativa. No primeiro caso, os termogramas gerados são comparados com padrões térmicos com intuito de localizar anormalidades nos perfis analisados. Enquanto que no segundo caso, as medições de temperatura são usadas para determinar a gravidade da anomalia e como critério de definição das medidas de reparação necessárias (Dinis, 2009).

3.2 Estudo de caso

Neste trabalho, foram realizadas inspeções termográficas em edifício de valor cultural localizado no entorno da cidade de Viçosa, Minas Gerais. O município está situado a 20° 45' 14" de latitude Sul e a 42° 52' 54" de longitude Oeste, em uma altitude de 650 m e apresenta temperatura média anual em torno de 19 °C.



Figura 2 Fazenda Solar Bhering. Fachada. Elaborado pela autora.

A edificação analisada é a sede de uma fazenda, que foi construída provavelmente no ano de 1952, e passou pela última reforma geral em 1992. Seu sistema estrutural é viga-pilar, de madeira. Possui paredes em taipa de mão, e cobertura em telha cerâmica. O edifício é atualmente utilizado como residência, por descendentes da família Bhering, que a construiu. Trazida pelos portugueses para o Brasil, a taipa tornou-se uma das manifestações mais tradicionais da arquitetura brasileira no período colonial, muito utilizada nas construções em Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso, Paraná e São Paulo. É um sistema construtivo usado na execução de paredes e muros que tem como material de construção básico a terra argilosa, umedecida ou molhada, sem nenhum beneficiamento anterior (Lelis, 1996).

Na época colonial no Brasil eram usadas duas formas de taipa: a taipa de pilão e a taipa de mão. Esta era usada tanto para parede estrutural quanto para vedação em uma estrutura independente, comumente associada a outras. Geralmente, as paredes de taipa de mão tinham 15 cm de espessura. As construções rurais de taipa de mão eram erguidas junto a um curso d'água, sobre altas sapatas de pedra, com ripas de coqueiro macaúba ou carnaúba. O arcabouço do edifício era formado por toras de madeira, onde eram presas as armações das ombreiras e vergas das aberturas. Depois se fixavam o barro, escadas, divisões internas, tudo de madeira de vulto, que eram presas por pregos de cabeça achatada; para então proceder com preenchimento das paredes.

A solução estrutural adotada para sustentação do edifício era composta de viga-pilar, geralmente de madeiras de lei. Nas fundações da estrutura de madeira, os esteios principais penetram no solo essa parte é chamada *nabo*. Para estabilizar o *baldrame* pilares eram colocados, se apoiando nos *burros*. As construções em taipa são facilmente degradadas pela água, tendo que ser executadas sobre fundações de alvenaria de pedra, a cerca de 60cm do chão, evitando assim a umidade ascendente. Sendo também mais indicadas para climas quentes e secos com baixo índice de pluviosidade (Lelis, 1996).

As paredes tinham função de vedação, apenas. Eram fixadas toras finas em buracos no *baldrame* e *frechal*, verticalmente. Em seguida, eram amarradas horizontalmente varas equidistantes, formando uma trama. Esta era cheia por barro bem amassado, que podia ser misturado ao barro, capim, crina animal, sangue, cal ou areia.

Depois de seca, recebia o acabamento em três demãos. A primeira, uma mistura de esterco seco, areia e barro de taipa. A segunda recebia proporção menor de esterco e barro. A última era a caiçã. Os pisos, principalmente do piso superior, eram feitos em *taboado corrido*, assentado sobre os *barrotes*. As tabuas tinham em média 45 cm de largura. Os tetos eram feitos de *esteira* ou madeira. A esteira de forro é um tecido de hastes entrelaçadas, de taquara geralmente. Os telhados eram feitos com telhas cerâmicas, do tipo *capa* e *bica*, sobre estrutura de madeira (Lelis, 1996).

3.3 Inspeção termográfica

Foi aplicada a técnica termográfica passiva (fluxo radiativo da estrutura física da edificação estimulado apenas pela energia do Sol), seguida da análise qualitativa dos termogramas, ou seja, verificação da presença de anormalidades nos perfis de distribuição de temperatura dos componentes da edificação. A inspeção foi realizada durante o período de dezembro de 2012 a março de 2013, em dias de céu aberto para melhorar a qualidade dos termogramas. Foi utilizada uma câmara termográfica com as seguintes características técnicas: sensibilidade térmica de 0,05°C a 25°C, resolução IR de 320 x 240 (76.800 pixels), faixa de temperatura de -20 a 650°C, precisão de 2%, fusão *picture in picture* e câmera visual com resolução de 3.1 MP.

Os termogramas gerados na inspeção foram analisados com uso de uma ferramenta computacional específica, Flirtool, destinada à análise de imagens térmicas e criação de relatórios simplificados de vistorias de sistemas físicos. Após a primeira análise foram criados mapas de anomalias das edificações, a fim de especificar os danos.

O método proposto, com a utilização da câmara termográfica, propõe uma localização mais segura para os pontos alvos de prospecção, que se restringe às áreas com anomalias

detectadas pelo padrão termográfico, sendo assim, menos destrutivo. Além disso, a técnica pode detectar áreas danificadas não visíveis a olho nu, como fendas estruturais, vazios, infiltrações em fase inicial e definir as intervenções necessárias para evitar danos maiores às edificações.

4. DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Os resultados obtidos com a termografia se baseiam na distribuição de temperaturas superficiais, analisada e visualizada pela medição da distribuição espacial da radiação térmica emitida pela sua superfície. Esta distribuição é interpretada numericamente pela câmera, que decodifica a radiação em forma de cor, ou seja, cada cor (e seus matizes) é interpretada como um sinal térmico de uma região isotérmica.

A análise qualitativa dos termogramas, baseada na imagem colorida observada, conduz a um diagnóstico, que possibilita observar e concluir a presença de materiais diversificados na edificação de taipa de mão. Constatou-se que as respostas térmicas das superfícies variam segundo a alteração das condições ambientais, ou seja, o resfriamento e o aquecimento da superfície e a variação da umidade relativa do ar. A superfície externa exposta à radiação solar apresenta resolução visual melhor no período de resfriamento, enquanto a superfície interna não exposta diretamente à radiação solar apresenta resolução visual melhor exatamente no período de aquecimento.

Na inspeção termográfica foram gerados mais de 68 pares de imagens fotográficas/térmicas. Alguns termogramas com perfis de distribuição de temperatura interessantes, seja por revelar peculiaridades da distribuição de calor ou suspeitas de anormalidades na estrutura física da edificação, são apresentados nas figuras enumeradas de 3 a 6.

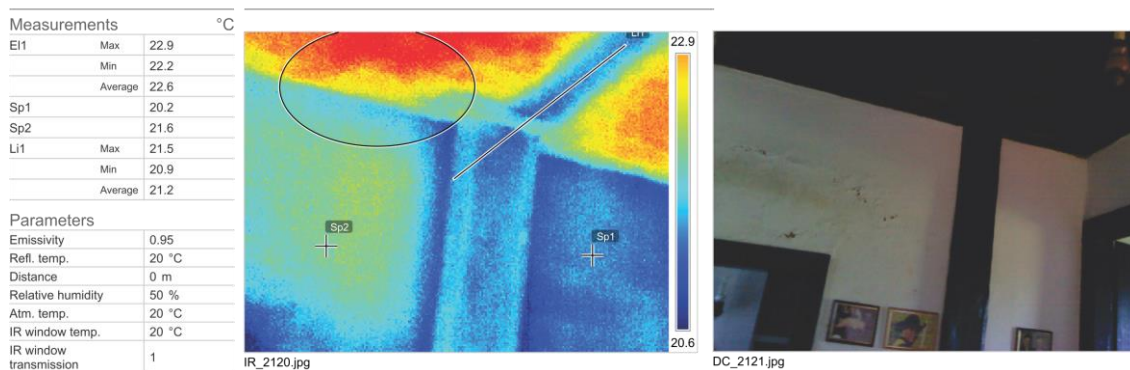


Figura 3 Termograma viga-pilar.

Na figura 3 (correspondente à área social, no segundo pavimento), pode-se observar a diferença de temperatura entre as paredes de taipa de mão (Sp1), de cor azul e teto de telha cerâmica, sem laje (EI1), de cor alaranjada. Acima do batente da porta é possível ver uma mancha, que ao analisar o termograma constata-se uma mancha por infiltração, onde a temperatura Sp2 é maior que o resto da parede. Outra observação interessante é que se pode notar a presença da viga no termograma, mas não na foto. Com isso se pode perceber que estruturas e patologias ocultas a olho nu podem ser descobertas através da técnica termográfica sem muito esforço, mas com grandes vantagens em relação aos métodos convencionais de prospecção em edifícios de valor histórico.

O termograma da figura 4 (correspondente à sala pequena, no primeiro pavimento) mostra uma distribuição de temperatura heterogênea no forro. O ponto Sp1 de cor vermelho escuro tem maior temperatura e o Sp4, de cor roxo, a menor. Várias hipóteses podem ser levantadas, mas a mais provável é que a área aquecida esteja recebendo carga térmica solar pelas janelas do segundo pavimento. Isto é possível porque não existe laje entre o

primeiro e o segundo pavimento, a termografia é uma forma de confirmar a presença de diversas estruturas sem necessidade de intervir fisicamente na edificação.

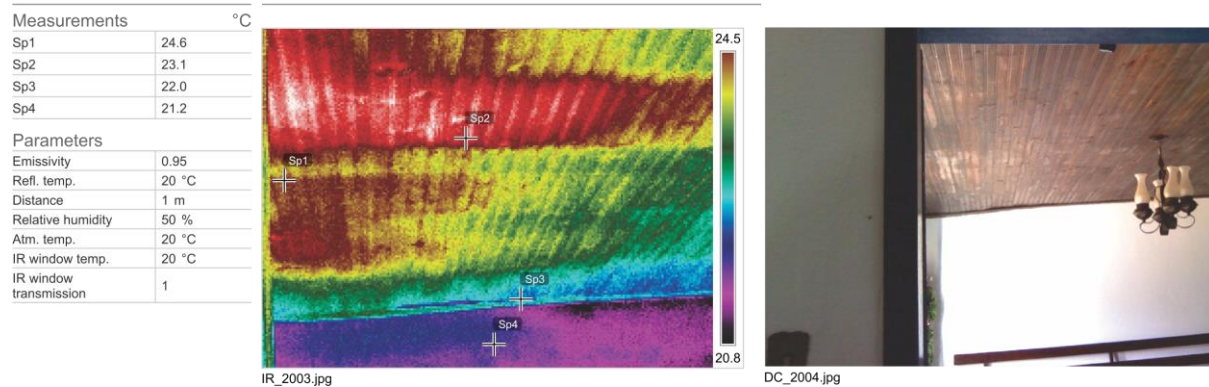


Figura 4 Termograma do teto.

O termograma da figura 5 mostra um detalhe da fachada principal, onde se podem constatar manchas de colorações variadas na viga e pilar. Isso mostra os defeitos da madeira, de onde é possível atentar para possíveis patologias, tais como mais ocas, que podem estar relacionadas a presença de fungos ou insetos, ou infiltrações.

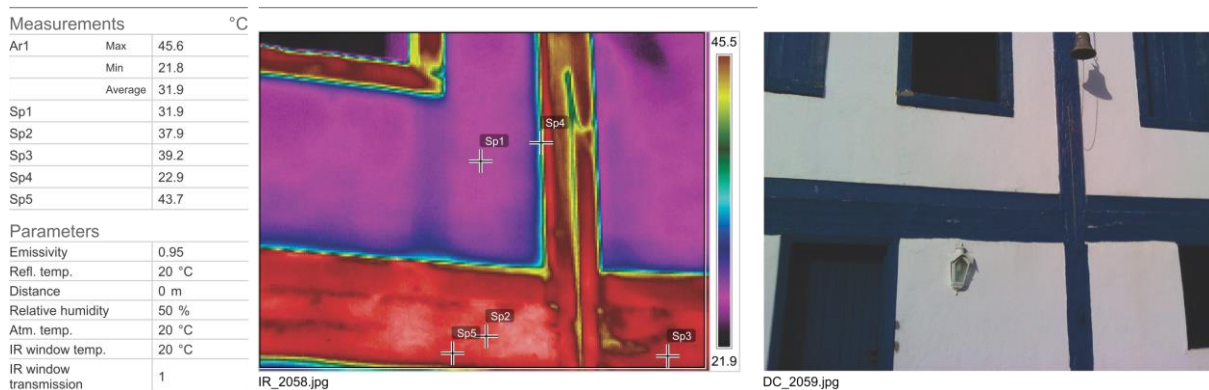


Figura 5 Termograma fachada.

O termograma da figura 6 corresponde ao quarto maior, do segundo pavimento. É interessante salientar que este quarto passou pela reforma de 1992, onde a parede da esquerda foi substituída por uma de alvenaria de tijolos. Comparando (Sp3) com 23,4°C da parede de alvenaria de tijolos e a média de (Li2) de 21,8°C da parede de taipa de mão, poder-se-ia concluir sobre a diferença de materiais, mesmo que não se fosse conhecida a informação sobre reforma na inspeção. O forro (Li1) mostra temperatura média de 23,8°C, superior às outras, e nota-se a viga bem demarcada no termograma.

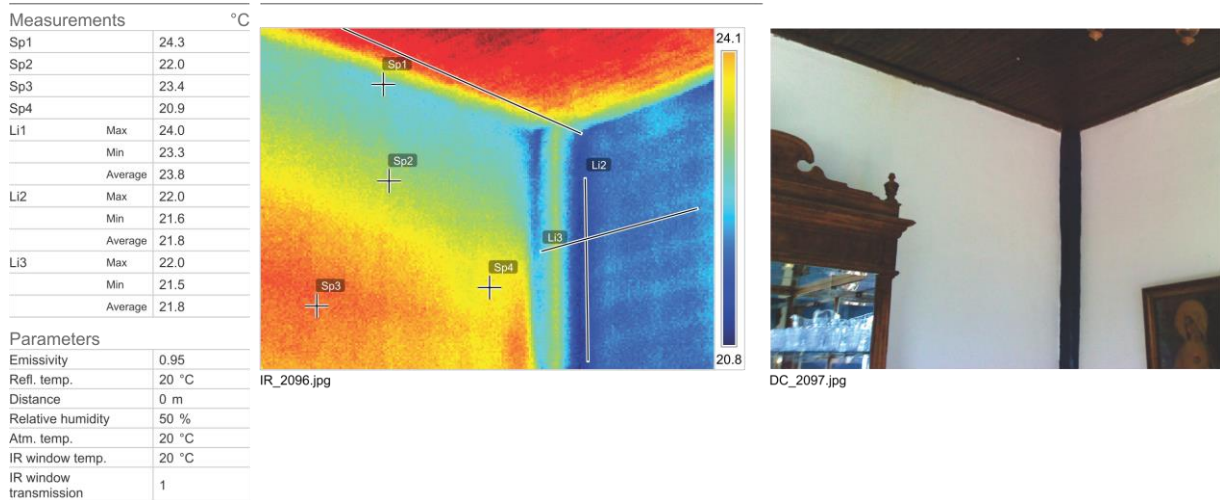


Figura 6 Termograma teto-paredes.

Uma observação a ser feita é a distribuição desigual da temperatura na parede de alvenaria de tijolos. O ponto (Sp1) mostra temperatura 24,3°C, o ponto (Sp2) 22,0°C, o ponto (Sp3) 23,4°C, o ponto (Sp4) 20,9°C. Uma hipótese que pode ser levantada é a de uma pequena diferença na espessura da parede em cada área, que causa maior ou menor aquecimento. Deste modo, o uso da técnica termográfica possibilitou inspecionar de forma prática e rápida o estado de conservação da edificação analisada.

5. CONCLUSÕES

A vantagem evidente da termografia sobre testes invasivos é a não existência de destruição de nenhuma zona construtiva durante o ensaio. Isto resulta em redução do tempo de inspeção, da quantidade de trabalho e do equipamento necessário. Por outro lado, não provoca nenhuma perturbação da superfície a ensaiar. Esta técnica apresenta uma limitação: não permite determinar a que profundidade se encontra o defeito, nem medir a sua espessura.

A conclusão do trabalho pode ser apresentada como o alcance do objetivo principal, ou seja, avaliação e validação do emprego das técnicas de termografia como ferramenta na preservação de edifícios de valor cultural. O emprego da técnica de termografia digital é uma realidade possível e representa um salto de qualidade na preservação e conservação de edificações históricas e bens culturais.

Este método apresenta a vantagem de analisar áreas em vez de pontos ou linhas. Além da não destruição do material na área de análise, o que resulta em tempo poupado, em menor quantidade de trabalho e de equipamento necessário. O equipamento não emite radiação, ele registra radiação emitida por outros objetos.

No estudo da fazenda Solar Bhering, a técnica utilizada, termografia passiva, demonstrou-se desempenho satisfatório na identificação de estruturas ocultas e anomalias, que podem ou não indicar patologias. As possibilidades de emprego dessa tecnologia, termografia digital, em outros sistemas construtivos implicarão em novas pesquisas. Portanto, as potencialidades do método remetem à continuidade da pesquisa, no intuito de aumentar sua confiabilidade e sua conformidade, abrangendo o máximo de sistemas construtivos e materiais possíveis.

O emprego da técnica de termografia em outras edificações de valor cultural possibilita a geração de um sistema de análise do estado físico das edificações e também futuramente pode gerar um banco de dados relacionando os vários tipos de sistemas estruturais e materiais e sua conservação. Em contrapartida, em nível de profundidade no material, este

método não é preciso, uma vez que as imagens termográficas originadas correspondem à análise de superfície. Mas, uma vez que estas imagens superficiais já foram geradas, fica mais fácil saber qual o ponto certo que se deve analisar mais profundamente, com outros métodos.

Periodicamente, devem ser feitas inspeções, de modo a avaliar as condições existentes e descobrir no edifício deficiências em estágio incipiente, para que sejam feitos projetos de restauração e evitar prejuízos maiores à estrutura. O uso de técnicas não destrutivas é eficaz nesse sentido também, capaz de dar informações valiosas sobre as principais causas da deterioração dos materiais e estruturas utilizadas no campo arquitetônico (Meola, 2005).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Avdelidis, N. P.; Moropoulou, A. Applications of infrared thermography for the investigation of historic structures. *Journal of Cultural Heritage*, v. 5, p 119–127, 2004.

Brasil. Ministério da Cultura. Instituto do Programa Monumenta. *Manual de elaboração de projetos de preservação do patrimônio cultural / Elaboração José Hailon Gomide, Patrícia Reis da Silva, Sylvania Maria Nelo Braga.* _ Brasília: Ministério da Cultura, Instituto do Programa Monumenta, 2005.

Castriota, L. B. *Patrimônio cultural: conceitos, políticas, instrumentos.* São Paulo: Annablume, IEDS, 2009. 307 p.

Cerdeira, F.; Vásquez, M. E.; Collazo, J.; Granada, E. Applicability of infrared thermography to the study of the behavior of stone panels as building envelopes. *Energy and Buildings*, v. 43, n. 8. p. 1845-1851, 2011.

Cortizo E. C. *Avaliação da técnica de termografia infravermelha para identificação de estruturas ocultas e diagnóstico de anomalias em edificações: ênfase em edificações do patrimônio histórico.* 02/07/2007. 176 p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia, Departamento de Engenharia Mecânica. Belo Horizonte, 2007.

Cortizo E. C.; Barbosa, M. P.; Souza, L. A. C. Estado da arte da termografia. *Fórum Patrimônio: Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável.* Belo Horizonte, v. 2, n. 2, p. 158-193, 2008.

Dinis B. *Termografia aplicada à física das construções.* 2009. 73 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade de Fernando Pessoa, Porto, 2009.

Jarreta Neto C. *Termografia aplicada à detecção e dimensionamento de descontinuidades em tubulações de compósito.* 2009. 103 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Minas, Metalurgia e Materiais) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

Kühl, B. M. *Preservação do patrimônio arquitetônico da industrialização: Problemas teóricos de restauro.* Cotia, SP: Ateliê Editorial, 2008.

Lelis, R. F. *Arquitetura rural na região de Viçosa - MG, processos construtivos.* Salvador: UFBA, 1996. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – FAU-UFBA, 1996

Maldague, X. *Infrared and thermal testing: Nondestructive testing handbook.* 3a. ed, Columbus, OH: Patrick O. Moore, 2001.

Mendonça, L. V. Termografia por infravermelhos: Inspeção de betão. *Revista Engenharia & Vida, Lisboa*, v. 1, n. 16, p. 53-57, 2005.

Meola, C.; Di Maio, R.; Roberti, N.; Carlomagno, G. M. Application of infrared thermography and geophysical methods for defect detection in architectural structures. *Engineering Failure Analysis*, v. 12, p. 875–892, 2005.

Normas de Quito. Reunião sobre conservação e utilização de monumentos e lugares de interesse histórico e artístico. Quito: Organização dos Estados Americanos, nov.-dez. 1967. Disponível em: <<http://www.iphan.gov.br/legislac/cartaspatrimoniais/cartaspatrimoniais.htm>> Acesso em: 16 nov. 2012.

Sanches, I. J. *Superposição de imagens de termografia e ressonância magnética: Uma nova modalidade de imagem médica tridimensional*. 2009. 168 f. Tese (Doutorado em Engenharia Biomédica) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

Tarpani, J. R.; Almeida, E. G. R.; Simêncio E. C. A.; Mota, L. P.; Paz, J. H. A. A.; Gualberto, A. R. M.; Cardoso, F. L. A., Gatti, C. A. Inspeção termográfica de danos por impacto em laminados de matriz polimérica reforçados por fibras de carbono. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, São Carlos, v. 19, n. 4, p. 318-328, 2009.

Titman D. J. Applications of thermography in non-destructive testing of structures. *NDT&E International*, v. 34, n. 2, p. 149-154, 2001.

AUTORES

Bruna Bastos Lima, Mestranda do Programa de Mestrado em Ambiente Construído (PROAC) da Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF). Bacharel em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal de Viçosa - UFV. Participou durante a graduação de projetos de iniciação científica pesquisando em áreas de Energia, Conforto térmico, Tecnologia e Patrimônio, onde foi bolsista pela UFVCredi de 2011 a 2012 e bolsista do PIBIC - CNPq de 2012 a 2013.

Ítalo Itamar Caixeiro Stephan, Arquiteto e Urbanista (UFRJ, 1982). Mestre em Urban and Rural Planning - Technical University of Nova Scotia (Halifax, Canadá, 1996) e doutor em Arquitetura e Urbanismo (FAU - Universidade de São Paulo, 2006). É professor Associado I do Departamento de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Viçosa e professor do curso de mestrado em Arquitetura e Urbanismo com a disciplina Planejamento Municipal no Brasil: perspectivas e desafios.

A CATEDRAL E O CENTRO HISTÓRICO DE CUIABÁ

Anderson Marcelo Lopes Caldeira¹; Marcela da Silva Almeida²; João Mário de Arruda Adrião³; Nádia Cristine Freire Alves de Almeida⁴; Joseph Rodrigues de Rosa⁵.

Laboratório de Habitação e Urbanismo, Cuiabá- Mato Grosso, UNIC

¹andermarcelo@hotmail.com; ²mah_almeida_@hotmail.com; ³joaoarioarquiteto@gmail.com;

⁴nadiacristine@bol.com.br; ⁵josephrosa@ig.com.br

Palavras-chave: Catedral, Cuiabá, Taipa de pilão, Demolição.

Resumo

Atualmente preservar patrimônios culturais é de suma importância para a identidade de qualquer cidade, é manter as marcas de sua história ao longo do tempo, e assim assegurar a identidade e diversidade cultural do seu povo. Trazer a história do tombamento do centro histórico e da demolição da antiga catedral do Senhor Bom Jesus de Cuiabá é um exemplo disso. A igreja Matriz do Senhor Bom Jesus de Cuiabá, construída em 1722, inicialmente de pau a pique, deu início ao processo de urbanização de Cuiabá. As transformações na igreja começaram dezessete anos depois, que foi reconstruída em taipa de pilão entre 1739 a 1740. A Igreja Matriz passou por transformações, foi descaracterizada, ganhou uma segunda torre, deixou de ser matriz para se tornar catedral em 1826. Porém sua maior transformação foi em 1968, quando a catedral foi demolida por duas descargas de dinamite. A justificativa usada pelas autoridades locais para sua implosão foi o discurso de modernização da cidade e que ela estava ruindo. A nova catedral foi construída no mesmo local da antiga, de concreto armado, com duas torres, com um relógio em cada uma delas e pinturas modernas. A demolição deixou marcas profundas, a sociedade até hoje sofre de forma silenciosa pela demolição da antiga catedral. A promessa de modernização causou a demolição da antiga catedral e de outros monumentos históricos, desrespeitando a tradição e o passado da sociedade cuiabana. A partir da demolição da catedral tudo era permitido, vislumbrando o progresso e a inovação da cidade. Esse processo de modernização foi acusado de desrespeitar o passado e descaracterizar o Centro. Ao se observar a perda dos patrimônios históricos, surgiu em Cuiabá uma consciência preservacionista, dando início ao processo de tombamento, para preservar o patrimônio e desacelerar o processo de degradação. O tombamento permitiu o conservar o Centro Histórico de Cuiabá e descentralizar a cidade.

1. INTRODUÇÃO

Quando, em 1722, Miguel Sutil descobriu ouro no córrego da Prainha, o capitão mor Jacinto Barbosa Lopes levantou a igreja matriz, com parede de pau a pique e coberta de palha, dando-lhe o nome de Igreja do Senhor Bom Jesus de Cuiabá (figura 1), onde seu irmão, frei Pacífico dos Anjos, religioso franciscano, celebrou a primeira missa (Mendonça, 1978).

O capitão sabia da importância da construção de uma igreja para firmar espaços urbanos. A igreja matriz do Senhor Bom Jesus de Cuiabá foi construída em frente ao córrego da prainha em um ponto alto da cidade. Dessa forma, o espaço ocupado pela matriz consolidou-se como um referencial, como um espaço de representação de poder. A igreja deu início ao processo de urbanização de Cuiabá.

Ao passo que a vila crescia, os representantes dos poderes acharam que a igreja também deveria modificar-se para se igualar à Sociedade. Com isso, as transformações na matriz começaram, dezessete anos após sua edificação.

Em 1739, o vigário João Caetano dava início a construção da capela-mor. Ele conclamou o povo para contribuir com a reconstrução da igreja, alegando ser aquela pequena, não condizendo com a vila, e foi prontamente atendido pelos moradores. De acordo com Mendonça (1978), foi construída a capela-mor em taipa de pilão, tão ampla e grande que a antiga capela ficava dentro dela. Porém depois de coberta, a edificação ameaçava ruir e foi salva às pressas com madeiras e talhas.

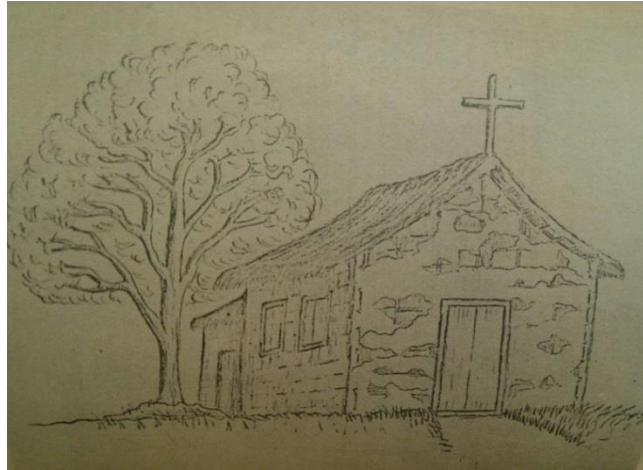


Figura 1 – Igreja matriz no período colonial

Fonte: Cadernos Cuiabanos – igrejas e sobrados cuiabanos (1978)

Em 1740, o mesmo padre convocou novamente o povo a contribuir com doze vinténs de ouro, para que se retomassem as obras da matriz, no que foi prontamente atendido e assumindo o Padre João Caetano o compromisso de integrar a quantia necessária ao acabamento das obras.

Sob a direção do Padre José Pereira de Aranda, foram erguidas as paredes, colocada a cobertura e construído os altares e então a missa foi celebrada em um recinto mais digno. Depois de ampliada a igreja torna-se a sede de Prelazia (cargo dos altos dignitários da igreja) pela Bula *Condor Lucis Aeternae*, no dia 6 de dezembro de 1745.

Em 1755, argumentava-se que as condições financeiras dos habitantes da vila permitiam que se fizesse uma torre, o que foi feito. Por problemas na edificação, a torre veio a ruir. Só conseguiram esse feito em 1771, sob o comando do Padre José Pereira Duarte, com o apoio generoso dos fiéis e graças ao auxílio do Frei José da Conceição Passo d’Arcos, religioso leigo e esmoler da terra Santa. Esta torre tinha a forma piramidal, que se conservou até 1868. A igreja matriz do Senhor Bom Jesus de Cuiabá se tornou Catedral em 1826.

Em 1868, no episcopado de dom José, ocorre outra reforma na Catedral: a torre, em forma de pirâmide é substituída por outra, com a parte superior arredondada (figura 2), pelo arquiteto italiano José Tortoroli.



Figura 2 – Catedral do Senhor Bom Jesus de Cuiabá 2ª fachada

Fonte: Instituto Histórico e Geográfico de Mato Grosso - IHGMT

Em 1928, no arcebisado de Dom Francisco de Aquino Corrêa e estando na presidência do Estado de Mato Grosso Dr. Mário Corrêa da Costa, a Catedral cuiabana ganha sua segunda

torre, por meio da proposta de embelezamento da cidade, um dos programas do governo do Estado, isso. Essa reforma alterou completamente a fachada da Catedral (figura 3).



Figura 3 – Catedral do Senhor Bom Jesus de Cuiabá em 1930, 3ª fachada.
Fonte: Instituto Histórico e Geográfico de Mato Grosso - IHGMT

De acordo com Lacerda (2005), décadas mais tarde, sua descaracterização foi um dos argumentos utilizados para justificar a demolição da Catedral. A partir de segunda metade do século XX, o espaço urbano de Vila Real do Senhor Bom Jesus de Cuiabá, constituído no século XVIII teve sua descaracterização intensificada com a demolição de seus monumentos,. “Depois de passar por diversas metamorfoses, a Catedral do Senhor Bom Jesus de Cuiabá foi implodida a duas dinamites, em 14 de agosto de 1968” (Lacerda, 2005, p.).

A futura Catedral Basílica foi então erguida no mesmo lugar da primeira igreja do Senhor Bom Jesus. Sua inauguração ocorreu em 24 de maio de 1973, coincidentemente ao jubileu de Prata do Arcebispo D. Orlando Chaves. Sua elevação a Catedral Basílica ocorreu em 14 de Novembro de 1974.

Atualmente, a Catedral Basílica do Senhor Bom Jesus de Cuiabá (figura 4), com pinturas modernas, duas torres com um relógio em cada torre, continua sendo um dos lugares mais visitados de Cuiabá. A Catedral contém imagens do século XVIII como a imagem do Senhor Bom Jesus de Cuiabá, a imagem da Imaculada Conceição e o crucifixo da cátedra do bispo.



Figura 4 - Atual Basílica do Senhor Bom Jesus de Cuiabá ao fundo o palácio da instrução
Foto: Mayke Toscano/Secom-MT

No térreo da igreja são realizadas as missas e tem capacidade para 800 pessoas sentadas. No primeiro andar funciona a lavanderia, no segundo andar as salas de reuniões, no terceiro e quarto andar funciona a casa paroquial.

A igreja é composta por três altares. Do lado direito fica a capela do Bom Jesus Padroeiro. No centro, o altar principal da Igreja, onde são celebradas todas as missas comunitárias e também a cátedra, reservada ao Bispo. Já do lado esquerdo fica o altar do sacrário do Santíssimo

A catedral tem uma cripta que fica no subsolo da igreja, na posição da torre da igreja onde se encontra o relógio e os sinos e nela estão enterrados nomes ilustres da Arquidiocese da história de Mato Grosso.

2. HIPÓTESES DA DEMOLIÇÃO

No final da década de 50, o grupo político dirigente do Estado de Mato Grosso se sente pressionado com o crescimento da cidade de Campo Grande, que era uma cidade mais nova e considerada mais moderna, candidata a ser a nova capital do Estado de Mato Grosso. Por essa razão, cresce uma onda de modernização na cidade de Cuiabá. A cidade precisava modernizar-se para permanecer como capital do Estado. Esse receio não se confirmou, mas o governo militar, em 1977, dividiu Mato Grosso em dois estados: Campo Grande passou a ser a capital de Mato Grosso do Sul, permanecendo Cuiabá como capital de Mato Grosso.

Arruda (2002) relata que lutar pelo posto de capital do estado significava lutar para que os recursos federais passassem primeiro por Cuiabá, para depois serem distribuídos para as demais cidades do estado. Significava, também, ser a sede dos principais órgãos públicos e, principalmente, concentrar os maiores investimentos da iniciativa privada, arrecadando mais impostos. Assim, o discurso que colocava Cuiabá caminhando em direção ao futuro no qual figuraria como centro estava ligado a interesses econômicos e políticos.

Segundo Miranda (2009), com esse desejo de crescimento veio, também, o conceito de 'destruição'. Durante esse processo ocorreram alguns casos de incêndios, com comprometimento das estruturas, e muitos casos de demolição de edifícios coloniais para a construção de novos e modernos edifícios, simbolizando o desejo pela diversificação das funções urbanas e a negação do passado colonial. O processo foi acelerado pela influência da construção de Brasília e Goiânia, consideradas capitais modernas no Centro Oeste, para sediar o governo federal e o governo estadual de Goiás.

Com esse discurso modernista, ocorreram demolições com o intuito de construir modernos edifícios. Assim como ocorreu com a demolição da Capela do Bom Despacho em 1918, dando lugar a um novo templo em estilo neogótico, concluído em 1922, a derrubada do Palácio do Alencastro, da Delegacia Fiscal, e dos casarios ao redor em 1959, dando espaço a um edifício de sete andares, que atualmente é a Prefeitura Municipal de Cuiabá, ocorreu a descaracterização da Praça Alencastro e a demolição da catedral em 1968. O Campo d'Ourique, local de antigas touradas, foi destinado à construção da sede da Assembleia Legislativa, prédio em estilo moderno inaugurado em 1972.

Todo esse descaso incentivou a população a descaracterizar e desvalorizar o patrimônio arquitetônico de Cuiabá: edifícios foram abandonados pelos proprietários, devido a consequente desvalorização dessas edificações (Miranda, 2009).

Entre estes fatos, o marco para a população cuiabana foi a demolição da catedral do Senhor Bom Jesus de Cuiabá, atribuída ao anseio pela modernidade e ao descaso da elite local com sua própria cidade. A derrubada da catedral marca a descaracterização do centro e do perfil da cidade (figura 5).



Figura 5 – Início do trabalho de demolição da catedral em 1968
Fonte: Instituto Histórico e Geográfico de Mato Grosso - IHGMT

A justificativa mais frequente do poder eclesiástico e das autoridades locais é que eram péssimas as condições físicas em que se encontrava o velho templo religioso: as paredes, feitas de taipa de pilão com um metro e quarenta centímetros de espessura, não aguentavam mais e ruíam de qualquer forma.

Outra justificativa adotada pelo grupo dirigente e eclesiástico foi a descaracterização da fachada da catedral (figura 6), provocada pela reforma de 1928, no governo do Dr. Mário Correa. Diziam que a fachada não tinha sentido, que o corpo da igreja era num estilo e a fachada era de outro.



Figura 6 – Fachada da catedral década de 50
Fonte: Instituto Histórico e Geográfico de Mato Grosso - IHGMT

Lacerda (2005) afirma que uma das possíveis causas da demolição da catedral era a que o Arcebispo Dom Orlando Chaves, substituto de Dom Aquino Correa, sentia-se pressionado pelo fantasma de Dom Aquino, um personagem mítico na história de Mato Grosso. E que, para firmar sua identidade como líder católico, decidiu assumir posturas das mais diversas diante da nova proposta modernizante. Dom Orlando queria ser conhecido como o bispo que construiu diversas obras para a igreja católica.

A sociedade cuiabana encontrava-se dividida, enquanto uns apoiavam a ação, outros a repudiavam. Diversas alternativas para a construção da catedral em outros espaços foram sugeridas, mas todas foram rejeitadas e a nova catedral foi edificada no mesmo lugar.

Arruda (2002) acredita na hipótese que os novos edifícios deveriam ser construídos no lugar considerado mais importante da cidade, que representava o poder secular do Estado e da Igreja. Por isso, as novas sedes não poderiam ter sido construídas em outro local. Nem mesmo ao lado das construções antigas, pois se manteria a imagem de um poder que, talvez pela sua força, deveria ser banido da memória da sociedade cuiabana. A catedral e o palácio Alencastro traziam a imagem de tradições que eram obstáculos ao 'desenvolvimento' da cidade.

Dom Orlando, arcebispo de Cuiabá, durante o processo de demolição, utilizou o parecer de engenheiros que atestavam as péssimas condições físicas do templo, advogando a necessidade de restauração. Ele aproveita do discurso modernista e propõe a construção da catedral que se adequava a esse discurso. Com isso conseguiu afastar a rejeição da elite intelectual quanto à demolição do templo.

Para arrecadar fundos para a construção, foi organizado um concurso Pró-Catedral, cujo objetivo era decidir o estilo da nova fachada da catedral: estilo clássico ou o estilo moderno. O estilo vencedor foi o moderno. Para participar da votação do concurso, a população teria que pagar a quantia de 20 Cr\$ (vinte cruzeiros) a serem revertidos para a reconstrução da catedral.

Uma pequena parcela da população participou da escolha do estilo referente à construção, mas não da demolição da igreja, pois essa já havia sido decretada.

Em 1956 inicia-se a demolição, ela começou do fundo para frente da catedral. O DPHAN (Departamento do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional) tentou tombar a catedral de Cuiabá e mesmo restaurá-la, antes da demolição, mandando para Cuiabá um arquiteto que chegou a elaborar o projeto dos serviços necessários para a restauração. Entretanto o Arcebispo já havia demolido a parte mais danificada da igreja, que era o fundo.

O parecer técnico do arquiteto mandado pelo DPHAN difere do elaborado pela equipe de engenheiros de Cuiabá, que alega falta de segurança, sugere a retirada do altar-mor, e de todos os demais pertences que representam valor histórico.

A comissão de engenheiros sugere ao bispo ouvir o Patrimônio Histórico da União, a fim de que fiquem resguardadas as linhas arquitetônicas da catedral cuiabana.

Como a arquidiocese de Cuiabá antecedeu a ação de tombamento do DPHAN, em relação à catedral, demolindo a parte do fundo da igreja, desmanchando o altar-mor, o DPHAN, numa ação protecionista, tenta inscrever, no livro Tombo de Belas Artes, as obras contidas na catedral, como altares, imagens antigas, peças da catedral do Bom Jesus de Cuiabá e da Igreja Nossa Senhora do Rosário.

O Arcebispo Dom Orlando ignora o fato, acusando de não haver recebido a notificação. De acordo com Lacerda (2005), objetos da catedral foram vendidos pelo corpo eclesiástico local a antiquários no Rio de Janeiro. Foi uma perda lamentável, pois essas relíquias históricas datavam do século XVIII e XIX.

Segundo Lacerda (2005), o Padre Firmo Pinto Duarte, maior auxiliar do Arcebispo, afirmou que só havia uma parede danificada, ou seja, a catedral foi demolida por pura vaidade de Dom Orlando, que ambicionava demolir a pequena catedral, e construir o maior templo da cidade.

A data de inauguração do novo templo ocorreu em 24 de maio de 1973, coincidentemente ao jubileu de Prata do Arcebispo Dom Orlando Chaves, e sua elevação a Catedral Basílica aconteceu em 14 de novembro de 1974. De acordo com Lacerda (2005), isso leva a supor que foi um fato elaborado e arquitetado pelo representante maior da igreja local.

A historiadora Leilla Borges de Lacerda, em entrevista à Gazeta Digital do dia 25 de setembro de 2005, afirma que, apesar de a igreja sofrer alterações na fachada e na torre ao longo dos anos, o interior da igreja manteve-se sempre igual, com seus cinco altares em talha dourada e policromada.

3. O TOMBAMENTO DO CENTRO HISTÓRICO DE CUIABÁ

De acordo com Miranda (2009), quando o Governo volta-se para preservar o centro de Cuiabá, essa prática é realizada com o objetivo de salvar o centro de ser 'destruído por práticas desumanas ou pouco civilizadas'.

Esse longo período de mudanças da cidade de Cuiabá, descreve várias ocorrências de destruição, demolição e descaracterização, iniciadas na década de 50, até meados da década de 80. Nos anos seguintes, a consciência preservacionista foi inserida, campanhas foram realizadas pelo tombamento do centro histórico. Em 1985, com o Decreto Municipal 1313, foi iniciado o processo de tombamento do centro histórico, dando início a elaboração do inventário cadastral, com o tombamento provisório em 1987, posteriormente aprovado e homologado em 1992, pelo Ministério da Cultura, dando início à preservação do patrimônio arquitetônico local remanescente dos séculos XVIII, XIX e XX (Miranda, 2009).

A área tombada do centro histórico de Cuiabá (figura 7) corresponde a 13 hectares na área tombada, 10 hectares do Parque Antônio Pires de Campos, conhecido como 'Morro da Luz', e 39,7 hectares de entorno, um total de 62,7 hectares, abrigando cerca de mil imóveis.

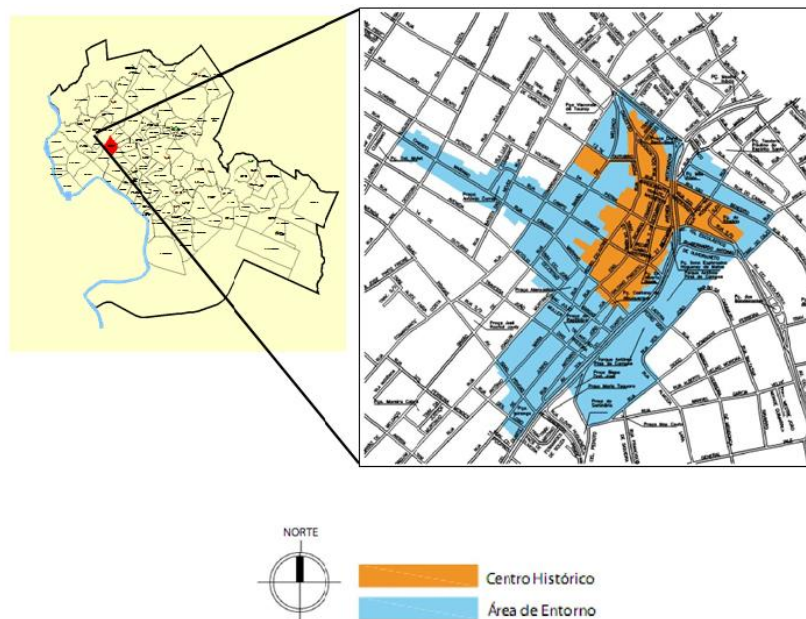


Figura 7 – Perímetro urbano de Cuiabá com a localização do Bairro Centro e o perímetro da área de tombamento do Centro Histórico de Cuiabá

Fonte: Prefeitura Municipal de Cuiabá (2008)

Fazem parte da área tombada 400 imóveis no Centro Histórico de Cuiabá, monumentos e 600 imóveis na área de entorno, onde prevalecem as atividades de comércio e serviço, salvo algumas exceções do uso residencial. As construções preservam os materiais construtivos e estilos utilizados de todos os períodos.

A área tombada guarda um patrimônio arquitetônico remanescente dos séculos XVIII, XIX e XX, localizados em uma área que ainda preserva o traçado urbano colonial, que conta toda a história da formação da cidade de Cuiabá, como as três vias principais: a Pedro Celestino

(Rua de Cima), a Ricardo Franco (Rua do Meio) e a Galdino Pimentel (Rua de Baixo), cortadas pelas ruas Campo Grande, Candido Mariano e a Voluntários da Pátria, além da Avenida Tenente Coronel Duarte (Prainha), onde hoje está canalizado o córrego da Prainha, que ligava o polo aurífero ao Porto (Miranda, 2009).

Algumas edificações passaram por restaurações e hoje funcionam como museus, institutos, secretarias e outros. Como exemplos tem-se o MISC – Museu de Imagem e Som de Cuiabá, IHGMT – Instituto Histórico e Geográfico de Mato Grosso, e o IPHAN – Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional e Secretaria de Estado e Cultura.

3.1 A arquitetura do centro histórico

O centro histórico de Cuiabá é constituído por exemplares arquitetônicos dos estilos do período colonial, neoclássico, eclético, neocolonial, art-déco, modernismo e neogótico, com grandes monumentos e residências características das famílias mais nobres e menos abastadas. Em geral, no centro histórico de Cuiabá predominam as construções do período colonial, algumas em bom estado de conservação e outras descaracterizadas. Muitas dessas construções tradicionais mantiveram sua planta original, porém, alterando as fachadas de acordo com o estilo arquitetônico utilizado na época. São frequentes nas fachadas os estilos neoclássico ou eclético (Miranda, 2009).

Em Cuiabá, as primeiras residências no século XVII, durante o período colonial, eram construídas com alicerces de pedra canga ou de pedra cristal, com alvenaria de taipa de pilão ou pau a pique (figura 8). Utilizavam, na mistura, pedregulhos e óleo de peixe, para a impermeabilização. Posteriormente, com o desenvolvimento no período colonial, o adobe passou a ser usado como técnica construtiva, e a maior característica das edificações são as paredes externas de taipa de pilão e as paredes internas de adobe. As coberturas são de telhas cerâmicas tipo canal, de duas águas para lançar uma parte da água da chuva sobre a rua e outra sobre o quintal, evitando o uso de calhas. A estrutura da cobertura ficava normalmente apoiada em grossos e fortes esteios de madeira de lei, embutidos em paredes e em lugares convenientes, o que lhes permitia atravessar décadas e até mesmo séculos. Na parte interna, as residências apresentavam pé-direito com cerca de 4 m de altura e teto sem forro, tipologia ideal para o clima da região (Miranda, 2009).

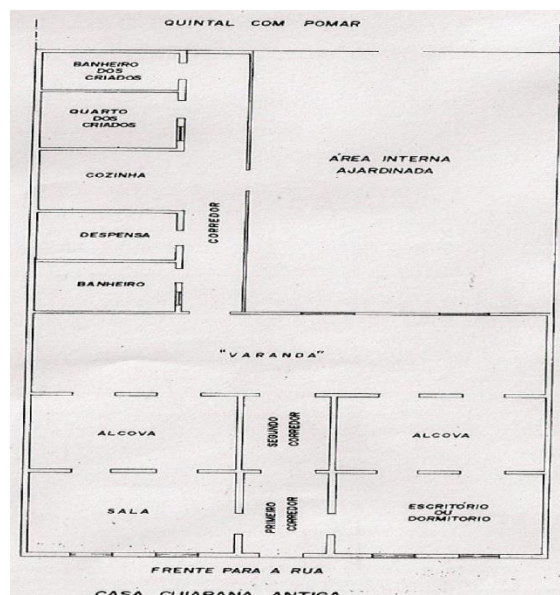


Figura 8 – Planta Baixa de uma casa cuiabana no período colonial
Fonte: Póvoas (1980)

A parede de terra mantém-se íntegra em muitas edificações, mesmo após três séculos, o que demonstra a resistência desse material. A parede de terra é autoportante. Não foram usadas vigas ou colunas na estrutura da edificação, o que torna a preocupação com as

lesões um importante fator, pois qualquer intervenção mal executada pode comprometer o estado de manutenção da edificação.

Os materiais construtivos como a taipa, adobe e tijolo maciço eram muito utilizados pela população até o século XIX. No século XX, com o desenvolvimento industrial crescendo no Brasil, a oferta de outros materiais, a construção de Brasília e a corrida pela 'modernização', foram introduzidos novos materiais construtivos, como o concreto, vidro e a alvenaria de bloco cerâmico, que contribuíram com a descaracterização e o abandono do patrimônio arquitetônico de Cuiabá, e levou muitas edificações a ruína, marcadas pela busca da inovação, do moderno e tecnológico, passando a discriminar a terra como material construtivo das antigas edificações, considerando-as de má qualidade, feia e suja.

3.2 Materiais utilizados no centro histórico de Cuiabá

A terra é um dos materiais construtivos mais antigos utilizados no mundo. Com ele foram construídas as primeiras cidades e as primeiras pirâmides, que se mantém integras mesmo após séculos. No Brasil, essas técnicas (taipa de pilão e adobe) foram trazidas pelos colonizadores portugueses. Nesse período, as técnicas construtivas e arquitetura das casas foram influenciadas pela cultura indígena, tornando as técnicas e a arquitetura colonial perfeita para o clima brasileiro.

Dentre os tipos de materiais utilizados nas edificações do Centro Histórico de Cuiabá, predomina a terra através das técnicas construtivas da taipa de pilão e do adobe.

A técnica da taipa de pilão consiste em levantar paredes de terra comprimida com golpes de pilão entre placas de madeira chamadas de taipal que são desmontadas para a secagem. Em geral, as paredes de taipa são estruturas monolíticas e não possuem menos de 60 centímetros de espessura. A taipa tem pouca resistência à aplicação de cargas concentradas e é vulnerável a umidade, devendo ser protegida das intempéries. Uma das vantagens é que o processo de secagem ocasiona menos fissuras que as outras técnicas e a sua durabilidade muito longa que pode chegar a séculos.

É uma técnica de origem árabe muito utilizada ainda hoje em países com clima seco. Possui a propriedade de contrair massa térmica por natureza, por isso é indicada para regiões de altas temperaturas, deixando os ambientes mais frescos durante o dia e mais quentes durante a noite, o que é ideal para o clima de Cuiabá.

No período colonial, em Cuiabá, a taipa de pilão foi muito utilizada, principalmente para a construção de importantes edifícios públicos e dos grandes casarões coloniais. Com o surgimento de novas tecnologias construtivas, no início do século XX, a taipa de pilão caiu em decadência, principalmente por ser de difícil execução e procedimento lento.

A técnica do adobe consiste em moldar o tijolo cru em fôrmas de madeira, onde o bloco de terra é seco ao sol, sem que haja a queima do mesmo. A mistura a ser moldada pode ser feita apenas com água e terra ou com o acréscimo de estabilizante e fibras naturais. Amassando com os pés, forma-se uma mistura plástica.

O adobe é um material construtivo muito abundante nas edificações do centro histórico de Cuiabá, pelo fato de secarem rapidamente, em virtude dos períodos de seca, quando normalmente são fabricados. Uma das vantagens desse tipo de componente de alvenaria é que, para sua produção, não se emite gases poluentes na atmosfera. Possui um desempenho térmico mais eficiente do que as alvenarias de blocos cerâmicos, deixando a casa fresca durante o verão e, no inverno, aquece mais facilmente.

Com o uso do adobe o processo de construção passou a ser mais rápido, pois os adobes podem ser fabricados em grandes quantidades e leva poucos dias para a secagem, dependendo da umidade do ar.

4. CONSTRUÇÕES DE TERRA EM CUIABÁ

A utilização da terra como elemento construtivo chegou ao Brasil de várias formas. Com o processo de colonização, foram introduzidas as técnicas do adobe e também da taipa de

pilão, porém acredita-se que o fenômeno dos arquétipos evidenciou que os nativos locais (os índios brasileiros e os africanos que aqui chegaram como escravos) já dominavam as técnicas do pau a pique e da taipa.

Com a difusão das técnicas em terra por todo território nacional, formou-se também um vasto acervo histórico-cultural constituído por edificações que têm estes sistemas construtivos enraizados em sua matriz estrutural.

Em Cuiabá, encontram-se edifícios marcantes da história da cidade, tanto no que se refere aos materiais e técnicas de construção quanto aos estilos. A arquitetura da área urbana inicial de Cuiabá, como em outras cidades históricas brasileiras, é tipicamente colonial, mas com o tempo sofreu modificações e adaptações a outros estilos (como o neoclássico e o eclético). Ainda mantêm bem preservadas as características arquitetônicas das casas e sobrados e igrejas.

Igreja de Nossa Senhora do Rosário e São Benedito de Cuiabá - É considerada a mais antiga igreja remanescente de Cuiabá, é um dos marcos de fundação da cidade, construída em arquitetura de terra em torno de 1730. Construída inicialmente com a técnica da taipa de pilão, passou por várias reformas, incluindo uma que transformou sua fachada em neogótica, entre as décadas de 1920 e 1980, quando foi reformada e a arquitetura colonial resgatada. A sua fachada típica da arquitetura colonial brasileira guarda a decoração barroca-rococó nos altares, com rica talha dourada e prateada, única com esses detalhes no Brasil.

Igreja do Senhor dos Passos – A Igreja Senhor dos Passos foi fundada em 1792. Mais de um século depois, precisamente em 1898, a igreja foi reformada e ampliada pelo bispo Dom Carlos Luís D' Amour, conforme inscrições em sua fachada, e mantém até hoje muitas de suas características arquitetônicas originais. A fachada principal é do estilo neoclássico. Sua planta é típica das igrejas do período colonial, dividida em nave e capela-mor. Na sua fachada principal, à esquerda, está localizada a alta e esbelta torre sineira. Raridade em Cuiabá, as paredes laterais da capela-mor e de fundos da igreja, assim como a torre, são todas em alvenaria de pedra canga, sendo as restantes em taipa de pilão ou adobes.

Palácio da Instrução – Biblioteca Estevão de Mendonça – A obra, inaugurada em 15 de agosto de 1914, seguia a arquitetura da época, com alicerces em pedra canga e cristal, paredes de adobes, com 80 centímetros de largura. O Palácio da Instrução cumpriu sua função de educandário por 57 anos, abrigando as escolas Liceu Cuiabano, Normal, Modelo Barão de Melgaço e o Museu de História Nacional e Antropologia. Também funcionaram no prédio o Arquivo Público e as extintas Secretarias de Interior e da Justiça. Atualmente abriga a biblioteca pública Estevão de Mendonça.

Antigo Arsenal da Guerra – Criado com o nome Real Trem de Guerra por Carta Régia de D. João VI em 1818, foi destinado para o conserto e fabricação de armas militares. A construção teve início em 1819 e foi inaugurada em 1832. A obra utilizou técnicas construtivas (taipa e adobe) e materiais da região para erguer um edifício neoclássico, nos moldes franco-lusitanos que caracterizavam a maioria das construções oficiais do Rio de Janeiro.

Em 1831 por determinação legal, foi criado o Arsenal de Guerra da Província de Mato Grosso. O edifício foi ampliado e adaptado em 1848, com a construção dos varandões dos flancos. As insígnias da Casa Militar estão nos frisos em relevos simétricos.

Centro Cultural 'Casa Cuiabana' – A construção da Casa Cuiabana data do século XVIII. Antigamente era a 'Chácara de Deidâmia', e constitui um dos mais expressivos exemplares arquitetônicos de Cuiabá, construção em taipa e adobe, sobre alicerces em pedra canga. Todas as janelas traziam gelsias em sua metade inferior e caixilhos de vidro em sua parte superior, cujo tipo indica a importância da família que ali morava, pois elas só existiam nas casas dos ricos. Durante a reforma foi criado um Teatro de Arena, proporcionando mais uma alternativa para os grupos artísticos regionais. Hoje abriga a Federação Mato-grossense de Cururu e Siriri e suas festas, ensaios e manifestações.

Seminário da Conceição – Primeiro complexo arquitetônico tombado pela portaria Nº. 47/77 de 13 de outubro de 1977, sendo um dos prédios mais antigos de Cuiabá, abrigou em um período o primeiro estabelecimento secundário da província tendo como principal finalidade a escola de formação de seminaristas. Durante a epidemia de varíola foi usado como enfermaria e serviu como Quartel General na luta entre os partidos políticos em 1906. Sua construção de paredões de adobe, vigas de aroeira e divisórias de pau a pique foi feita entre 1858 e 1882, por escravos. Abriga o Museu de Arte Sacra, composto de peças sacras raras, originadas de igrejas cuiabanas e do interior de Mato Grosso.

Cadeia Pública de Cuiabá – O prédio da antiga Cadeia Pública de Cuiabá, atualmente, é a sede do Centro de Reabilitação Dom Aquino Corrêa, localizado a Rua Joaquim Murinho nesta capital. Desde 1857, quando era presidente da Província Mato Grosso, o Sr. Joaquim Raimundo de Lamare, Chefe da Divisão da Marinha, preocupou-se com a construção de uma nova cadeia pública em Cuiabá, pois a antiga, situada onde hoje é a Praça da República, além de ser ainda dos tempos coloniais, não oferecia segurança. No governo do Presidente da Província de Mato Grosso, Tenente Coronel Antônio Pedro de Alencastro, pela Carta Imperial 13/06/1859, a obra foi iniciada. No governo do Presidente da Província Senador Herculano de Souza Ferreira Penna, em 1862, a construção chegou ao seu término. O material empregado na construção dos alicerces foi a pedra canga, até cinco palmos acima do chão, as paredes de adobe, e o muro continuado com taipa. Na entrada, uma escada, ou paiol de pedra canga, com as arestas dos degraus reforçadas e protegidas por capas de ferro e as cavidades enchidas com cimento artificial; o calçamento é de pedra canga e de pedra cristal. Funcionou como Cadeia Pública até 1975, quando foi transferida para o Presídio Central no Governo do Eng.^o José Garcia Neto, eleito indiretamente pela Assembleia Legislativa Estadual por regra imposta pelo regime militar a todos os estados brasileiros.

Casa Barão de Melgaço – O prédio que abriga o Instituto Histórico e Geográfico de Mato Grosso e a Academia Mato-grossense de Letras foi construído entre 1775 a 1777, segundo pesquisa feita em mapa do período. Nela morou, a partir de 1843, o Barão de Melgaço, militar e intelectual francês, que foi Presidente de Província de Mato Grosso, e profundamente integrado à cultura mato-grossense. A Casa Barão de Melgaço é um prédio no estilo colonial, construído na antiga Rua do Campo, hoje Barão de Melgaço. Sua marca principal é a fachada e os altos relevos no entorno de seus janelões de madeira, as paredes são de adobe e o telhado em estilo colonial da época.

Igreja da Boa Morte - Construída de taipa de pilão em 1810, destacava-se no cenário da cidade com sua única torre encimada com a figura representativa de um galo, um único telhado em duas águas e sua composição arquitetônica barroca com fachada neoclássica, realçando-se bela pela sua posição no alto do platô que tem o seu nome.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em Cuiabá, apesar de todo investimento feito na renovação da cidade, substituindo a arquitetura colonial pela arquitetura modernista, indícios materiais do passado permaneceram vivos. No entanto, muito desta herança foi perdida devido a ações tardias, que durante vários anos sofreu com consecutivas descaracterizações, destruição, e demolição, cujo processo foi influenciado pelo pensamento 'modernista' da época. Somente a partir da década de 80 a consciência preservacionista surgiu em Cuiabá. Iniciava assim o processo de tombamento do Centro Histórico de Cuiabá.

O Centro histórico de Cuiabá é uma área de proteção, tombada pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional – IPHAN, onde estão localizadas as ruas e casas mais antigas da cidade. Ele é formado por casas, igrejas, sobrados, praças e outros e revelam, em sua construção, a história de uma época e do povo cuiabano, daí a importância de sua preservação. As paredes de taipa de pilão e de adobe fazem parte dessa história e a sua destruição pode levar a um rompimento com o passado da cidade.

Conhecer esse processo de modernização, considerado destruidor, tornou possível compreender as motivações para o tombamento. E a crença que o Patrimônio estava se perdendo que tornou o tombamento aceito.

Por isso, preservar patrimônios culturais e históricos de Cuiabá é de extrema importância para a identidade da cidade, é manter as marcas de sua história ao longo do tempo, e assim assegurar a identidade e diversidade cultural do seu povo. Isso proporciona uma cidade mais bela, atraindo turistas e gerando renda e novas possibilidades econômicas ao Centro Histórico de Cuiabá.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARRUDA, Márcia Bonfim. *As engrenagens da cidade: centralidade e poder em Cuiabá na segunda metade do século XX*. Cuiabá: Instituto de Ciências Humanas e Sociais, 2002. 149p.

LACERDA, Leilla Borges de. *Catedral do Senhor Bom Jesus de Cuiabá: um olhar sobre a sua demolição*. Cuiabá: KCM, 2005. 160p.

MENDONÇA, Rubens de. *Igrejas e sobrados de Cuiabá*. Cuiabá-MT: Prefeitura Municipal de Cuiabá, 1978.

MIRANDA, Márcia Silva. *Sustentabilidade no Centro Histórico de Cuiabá – Arquitetura de Terra*. Brasília: Pós Graduação em Reabilitação Ambiental em Arquitetura e Urbanismo Sustentável, 2009. 74p.

PÓVOAS, Lenine C. *Sobrados e casas senhoriais de Cuiabá*. Cuiabá: Fundação Cultural de Mato Grosso; São Paulo: Resenha Tributária, 1980.

AUTORES

Anderson Marcelo Lopes Caldeira. Estudante, graduando pela Universidade de Cuiabá – UNIC (2012-2016). Estagiário, da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Cuiabá FAU/UNIC desde 2014, atualmente como membro do Laboratório de Habitação e Urbanismo, onde são desenvolvidos pesquisa e projetos de interesse social.

Marcela da Silva Almeida. Estudante, graduando pela Universidade de Cuiabá – UNIC (2012-2016). Estagiária, da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Cuiabá FAU/UNIC desde 2014, atualmente como membro do Laboratório de Habitação e Urbanismo, onde são desenvolvidos pesquisa e projetos de interesse social.

João Mário de Arruda Adrião. Arquiteto, graduado pela Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ (1985). Mestrado em Engenharia de Edificações e Ambiental pela Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT. Especialização em Didática do Ensino Superior pela Universidade de Cuiabá – UNIC. Professor da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Cuiabá FAU/UNIC desde 2000, membro do Laboratório de Habitação e Urbanismo, onde são desenvolvidos pesquisa e projetos de interesse social. Professor do Departamento de Arquitetura e Urbanismo da UNEMAT – Universidade Estadual de Mato Grosso – desde 2012.

Nádia Cristine Freire Alves de Almeida. Arquiteto e Urbanista, graduada pelo Instituto Metodista Bennet (1996). Especialização em Professor especial da Parte do Currículo de 2º Grau, pela Universidade Federal do Acre – UFAC (1998) e em Design Estratégico pelo Instituto Europeo di Design (2006). Atuou como Arquiteta e Urbanista (pesquisadora) na Fundação de Tecnologia do Estado do Acre. Professora de Arquitetura e Urbanismo e de CST de Design de Interiores da Universidade de Cuiabá – UNIC.

Joseph Rodrigues de Rosa. Arquiteto e Urbanista, graduado pela Universidade de Cuiabá – UNIC (2008). Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Universidade de Cuiabá – UNIC (2010). Com especialização em andamento de Auditoria, Avaliações e Perícias e Didática pelo IPOG-MT (termino previsto, 2014). Professor da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – FAU, do CST de Design de Interiores e do CST de Segurança do Trabalho da Universidade de Cuiabá – UNIC desde 2013, atualmente como Professor convidado no Laboratório de Habitação e Urbanismo, onde são desenvolvidos pesquisa e projetos de interesse social.

RELATO DE EXPERIÊNCIA – TÉCNICA VERNÁCULA EM BARRA DO BUGRES**Gisele Carignani¹; Victor Bruno Gonçalves dos Reis²**

Faculdade de Arquitetura e Engenharia-FAE, Escola de Arquitetura, UNEMAT. Barra do Bugres, MT

¹carignani@hotmail.com; ²au.victor.reis@gmail.com**Palavras-chave:** Adobe, Vernácula, Cana de açúcar, Projeto, Barra do Bugres**Resumo**

Trata-se de um relato de experiência do projeto de extensão em interface com a pesquisa: Resgate Cultural: O adobe como técnica vernacular em Barra do Bugres". A técnica de utilizar a terra crua para construir é milenar, aplicada na Antiga Mesopotâmia e na edificações de residências no Antigo Egito, alcançando o território brasileiro por meio da colonização portuguesa, usada na forma de adobe e taipa. O uso do adobe prevalece no início do povoamento de Barra do Bugres-MT, as quais infelizmente sobrevivem sem conservação e vulneráveis à ação do tempo e de cupins. Por conta disto, o projeto teve como objetivo fazer um levantamento e inventário das edificações existentes, catalogando e apontando suas características, e também resgatar essa técnica vernácula, levando em consideração seu apreço histórico e ambiental. Propõe-se como alternativa a utilização do bagaço da cana de açúcar como agregado, que faz parte da cultura econômica local. Uma cartilha foi elaborada para auxiliar nas oficinas e minicursos, trazendo em pauta como confeccionar o tijolo, auxiliando na escolha da terra adequada, método construtivo do uso da matéria orgânica, enfatizando a importância da conscientização de uma técnica alternativa que garante uma excelente capacidade térmica e sustentável. O resultado foi bastante satisfatório despertando o interesse de diversos acadêmicos que se organizaram para formar um grupo de estudos 'João de Barro' que atuou na realização das oficinas práticas.

1. INTRODUÇÃO

A preocupação com o meio ambiente foi intensificado por meio de análises globais, onde o aquecimento aparece como um agravante. Teve como objetivo, propor a diminuição da emissão de carbono na atmosfera, através da conscientização de todos os países, promovendo políticas públicas a fim de melhorar as condições ambientais.

Dentro desta proposta, a utilização de um material construtivo que dispense a queima de algum tipo de combustível para sua confecção é um condicionante importante. Assim, no intuito de colaborar na redução da emissão de gases poluentes, propõe-se a reutilização de uma técnica milenar já empregada na Mesopotâmia e no antigo Egito, a construção com terra crua. No Brasil o ato de construir utilizando a terra como matéria prima originou-se no período colonial. A técnica utilizada em sua maior parte foi pela taipa e pelo adobe. Para Gomes et al (2008, p.37):

No fim do século XX, resultado da crise energética que se vive no planeta, ocorreu uma tomada de consciência ecológica, fazendo destas construções uma alternativa às actuais, devido a: utilizarem materiais que a natureza oferece em cada local; serem uma técnica construtiva pouco onerosa; ser a terra um material reciclável e reutilizável, incombustível e com boas características térmicas.

Este trabalho relata a experiência de um projeto de extensão em interface com a pesquisa em vigência na Universidade do Estado de Mato Grosso-UNEMAT 'Resgate Cultural: O adobe como técnica vernacular em Barra do Bugres-MT'. Tem o objetivo de resgatar a técnica vernácula do adobe junto com a população acadêmica e com a sociedade local procurando valorizar esta cultura, pois observam-se ainda um grupo de casas remanescentes do início do povoamento do município, onde se utilizou esta técnica para suas edificações. Em relação à pesquisa foi proposta a inserção do bagaço da cana de

açúcar para garantir melhor propriedade mecânica ao adobe, aproveitando o ciclo econômico local que tem a cana como cultivo prioritário.

De acordo com estudos bibliográficos a adição da fibra vegetal aumenta a resistência mecânica submetida à compressão. Pinheiro (2009) pesquisa o acréscimo da fibra de coco para o aumento da resistência do adobe:

Segundo Callister (1994 apud Ferreira e Silva, 2009), os compósitos reforçados por fibras contínuas alinhadas possuem propriedades mecânicas anisotrópicas, ou seja, na direção do alinhamento a resistência mecânica é máxima. Já na direção perpendicular, o reforço do tijolo é mínimo. Em outro caso, se os tijolos estiverem reforçados com fibras aleatoriamente espalhadas, a rigidez e a resistência são significativas e as propriedades desses compósitos são isotrópicas. (Pinheiro, 2009, p.28)

O uso da fibra vegetal auxilia na absorção da água, uma vez que “a região central da fibra também pode apresentar uma cavidade denominada lacuna. As lacunas e lumens são responsáveis pela grande incidência de poros permeáveis nas fibras, o que acarreta elevada absorção de água e massa específica aparente bastante inferior a real” (Agopyan; Savastano Jr., 1998 apud Colleti; Yuba, 2009, p.3). Desta maneira passa auxiliar no tempo de cura do tijolo que também ajuda compactar as fibras no solo, assim facilita o desempenho mecânico do mesmo.

De acordo com as pesquisas realizadas em laboratório, o bagaço da cana de açúcar exerce muito bem o papel mecânico e coesivo do adobe, além de ser uma prática alternativa que ajuda diminuir os impactos da monocultura industrial.

É importante salientar que a vantagem térmica que o adobe possui vai ao encontro com uma das necessidades indissociáveis que as edificações da região mato-grossense devem atender, o conforto térmico. O clima na região atinge altas temperaturas em quase todos os dias do ano, chegando a superar 40°C. Sendo assim, Souza (2012, p.48) assegura que:

Quanto ao conforto ambiental térmico e higrotérmico, o barro não queimado possui a capacidade de absorver e perder a umidade de maneira mais rápida que os demais materiais de construção. Nas casas construídas em regiões mais áridas, a umidade no interior do ambiente tinha um acréscimo de 30% a 50%, quando comparada à externa e, nas casas construídas em regiões mais úmidas, a umidade absorvida durante a noite era eliminada pela ação mecânica do sol e dos ventos.

Nesse sentido, demonstra as vantagens de utilizar o adobe como técnica alternativa, realizando uma ponte com a história, a arquitetura e a sustentabilidade.

2. METODOLOGIA

O primeiro passo do projeto foi confeccionar uma cartilha, através de levantamentos bibliográficos e iconográficos do tema, com orientações técnicas em relação à produção do adobe, associada às questões teóricas e históricas. Isto com o intuito de sensibilizar e incentivar o uso do adobe na região.

Posteriormente foi executada uma catalogação das construções de adobe ainda remanescentes na cidade, apresentando a tipologia arquitetônica, o estado de conservação, a técnica construtiva aplicada e levantamentos históricos, como o ano de construção e os hábitos da época. Este levantamento gerou a confecção de fichas catalográficas com informações a respeito dos dados obtidos, incluindo plantas, dimensões, fotos e características construtivas e arquitetônicas.

Na sequência, foram propostas oficinas de confecção de adobe, com caracterização do solo, como a quantidade de argila e areia, conforme as pesquisas realizadas em vários pontos da cidade, submetidas a laboratório. No entanto houve a dificuldade de encontrar o solo adequado para a realização das oficinas (figura 5) já que grande parte do solo barrabugrense tem um alto índice de areia, chegando a atingir mais de 75% deste

componente, o que não é adequado para produzir o adobe, já que se torna um material pouco coesivo e suscetíveis à diminuição de resistência quando não associado à argila.

Buscou-se fomentar a utilização do bagaço da cana de açúcar, tendo em vista o seu potencial fibroso, além de direcionar um caminho alternativo para o uso desse resíduo. Deste modo colocar em prática as condições técnicas pesquisadas entre este e o adobe que foi utilizado em Barra do Bugres.

3. CULTURA BARRABUGRENSE

As edificações históricas da cidade estão localizadas às margens do Rio Paraguai confirmando que a “ocupação e o desenvolvimento de Barra do Bugres esteve relacionado com a exploração da poaia, planta medicinal de valor no mercado exterior, e serviu de atração desde meados de 1878 para a vinda de famílias que se instalaram na região para trabalhar na sua extração” (Ramos, 2007 p. s/n)

As construções em adobe estão presentes na zona de interesse histórico do município, apesar de não serem oficializadas através de processo oficial de tombamento. A área em vermelho na figura 1 identifica onde foram edificadas as primeiras casas até a década de 1960.



Figura 1 - Mapa da cidade de Barra do Bugres de acordo com seu processo de evolução e ampliação da região onde se encontra o centro histórico. Fonte: Carignani et al (2013, p.6. Adaptada pelo autor)

As ruas selecionadas em magenta na figura 1 contêm casas em madeira e adobe, no entanto, muitas foram modificadas introduzindo outros materiais compatíveis com as tendências da época, como tijolos de barro cozido, acompanhando o momento da evolução urbana, entre as décadas de 1960 e 1990. Foram realizados levantamentos em sete casas, porém apenas três mantêm ainda visíveis a tipologia arquitetônica empregada na região, marcada pelo início do povoamento barrabugrense; representadas na figura acima pelas cores amarela, vermelha e alaranjada.

A Casa Borges e a Casa Jango são duas edificações que mantiveram significativamente as características do seu traçado original (figuras 2 e 3).

A residência conhecida como Casa Borges, segundo a antiga proprietária, foi construída entre 1955 e 1956, sendo que a sua fundação fora executada em pedra canga socada, paredes de adobe revestidas com um mistura de areia de goma (argilosa) com estrume de gado (Deina et al, 2013). Suas paredes medem aproximadamente 26 cm de espessura formada de adobe assentados com argila e pedriscos.

A Casa Jango foi construída em 1946, suas paredes são formadas por adobe assentados com argamassa da mistura de barro, cinzas de madeira e estrume de gado, alicerçada sobre pedra canga socada, material abundante na região (Deina et al, 2013). O telhado é composto por telhas capa canal feito de forma artesanal.



Figura 2 - Casa Borges. Fonte: Autores, 2013



Figura 3 - Casa Jango. Fonte: Autores, 2013

Outra edificação (figura 4) foi construída na década de 1930 para ser utilizada na comercialização da Poaia entre outros produtos regionais. Considerada casa de alto padrão na época, alinhada à rua; pé-direito baixo de 2,5m e peitoril baixo 0,6 m; telha de barro capa canal; telhado de duas águas, acompanhava o estilo tradicional da colonização brasileira, conforme caracterização de Reis Filho (1973). Com o passar dos anos a casa sofreu alterações, as telhas foram mantidas na maior parte da residência, porém na lateral esquerda foi acrescentado concreto e telha de fibrocimento.



Figura 4 - Casa Jamil. Fonte: Autores, 2013

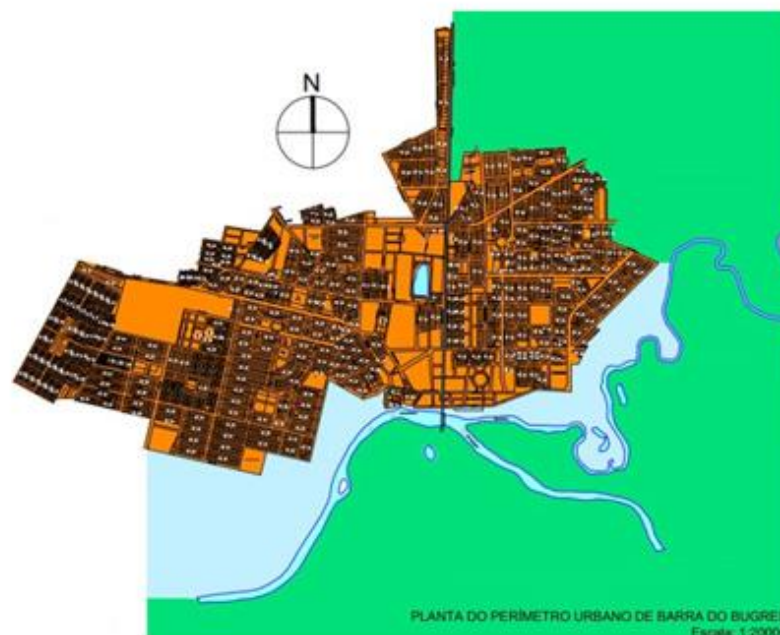
4. TRABALHO DE RESGATE – CONSTRUÇÃO DO ADOBE

A princípio foi desenvolvida uma cartilha, que tem como interesse didático, conscientizar a população no que se refere à preservação da técnica do adobe, pois lhe confere o apreço histórico, a propriedade térmica com baixo índice poluitivo, buscando ainda romper paradigmas cravados na sociedade contemporânea no que diz respeito ao uso de materiais não industrializados. Nesse sentido, a cartilha foi estruturada, passo a passo, levando informações teóricas e técnicas, que vão desde a escolha do solo mais adequado até a confecção do adobe, além de questões de sustentabilidade e resíduos da construção civil.

Após o reconhecimento teórico, foram realizadas oficinas na Semana da Arquitetura UNEMAT e no EREA 2013 (Encontro Regional de Estudantes de Arquitetura) sediado em Barra do Bugres, quando foram desempenhadas todas as etapas descritas na cartilha até a produção de adobes.

4.1 O solo

Para a confecção do adobe é preciso primeiramente selecionar o tipo de solo adequado. “Segundo o CRATERre, as proporções ideais de componentes da matéria prima terra, para a produção de adobe deverão variar entre: 55% a 75% de areia; 10% a 28% de silte; 15% a 18% de argila.” (Fernandes, 2005, p.46). Essa concepção na maioria das vezes é perceptiva ao tato observando a homogeneidade do material. Conforme a antiga proprietária da Casa Borges, um dos recursos utilizados pelos adobeiros que construíram as residências na década de 1960, foi a técnica da bolinha (figura 6). Consiste em tomar uma porção de solo seco, juntar água e fazer uma bola de diâmetro aproximadamente de 3 cm. Depois deixar a bola cair em queda livre, aproximadamente 1m; de acordo com o comportamento da quebra ela estará apta ou não para a confecção do adobe, técnica utilizada até os dias atuais.



LVd 15

Latossolo Vermelho - Amarelo Distrófico

15 - Méd. + Podzólico Vermelho - Amarelo distrófico Tb méd. + Areias Quartzonas distróficas pl.e sond.

HGPe

Gleí Pouco Húmico eutrófico

1 - Tb arg. + Laterita Hidromórfica distrófica Tb arg. pl.
 2 - Tb.ind. + Solos Aluviais eutróficos Tb ind. pl.
 3 - Ta ind. + Vertissolo arg. + Laterita Hidromórfica eutrófica solódica Ta méd./arg.pl.
 4 - e distrófico Tb e Ta ind. + Areias Quartzosas Hidromórfica distróficas + Planossolo distrófico Tb aren./méd. e aren./arg. pl.

HLD 4

Laterita Hidromórfica distrófica

4 - e álico Tb ab. aren./arg. + Planossolo distrófico e álico Tb aren./arg. + Podzólico Vermelho - Amarelo distrófico Tb aren./méd. pl.

Abreviações e Símbolos

aren. - textura arenosa
 arg. - textura argilosa
 méd. - textura média
 Tb - argila de atividade baixa
 pl. - relevo plano
 sond. - relevo suave ondulado
 ind. - textura indiscriminada
 Ta - argila de atividade alta
 ab. - abrupto

Figura 5 – Classificação do solo de Barra do Bugres Fonte: Carignani et al (2013).

A disponibilidade do solo considerado adequado que se enquadra para a produção do adobe é restrita na região. Este solo apresenta em sua maioria uma grande quantidade de areia, que passa de 75% de sua composição. Na região próxima ao Rio Bugres e Paraguai apresenta um solo muito argiloso, rico em matéria orgânica, que se caracteriza pouco viável para fazer adobe, porque o equilíbrio entre argila e areia é importante para preservar as propriedades do adobe após secagem e edificação.

O estudo do adobe local foi importante para revelar as características do solo da região, e suas distribuições. Na sequência foi testada a inserção do bagaço de cana de açúcar na mistura da confecção do adobe, conforme previsto em projeto.

4.2 Fibra vegetal – o bagaço da cana de açúcar

O Brasil tem um imenso potencial na produção de fibras naturais devido a alta produção da biomassa, além do clima favorável e a extensa margem territorial. O Estado de Mato Grosso enquadra perfeitamente nas características bioclimáticas na produção da cana de açúcar. Tanto, que na região do município de Barra do Bugres a cultura é bastante intensificada. Schlesinger, (2013 p.76) que:

Em Barra do Bugres localiza-se a sede da Barralcool, que, além da usina, possui também uma vasta área de plantio de cana de açúcar. O município é aquele que apresenta a maior proporção de cana plantada no Mato Grosso, relativamente à sua área total e também aquele onde se dá a maior parcela do cultivo da cana de açúcar no estado, com cerca de 40 mil hectares. Há também outras usinas em municípios do entorno, sendo a Itamarati, localizada no município vizinho de Nova Olímpia, a mais próxima e, por consequência, aquela responsável, ao lado da Barralcool, pelos maiores impactos socioambientais resultantes da produção sucroalcooleira sobre Barra do Bugres.

Em virtude dessa condição, foi proposto o uso do bagaço da cana de açúcar como fibra natural na confecção do adobe, sendo que a utilização deste resíduo é importante para a redução de emissões de gases na atmosfera e ainda, a sua decomposição de forma inadequada e queima residual, que é evitada quando este é incorporada em produto de uso durável.

Foram realizados testes utilizando a matéria da cana na fabricação do adobe, inclusive nas oficinas. Esta se apresenta como um material homogêneo, mantendo as mesmas características da técnica utilizada no Brasil colonial, em que se utilizava o estrume de gado para dar uma maior capacidade mecânica ao material. Essa característica é garantida, porque “[...] o bagaço de cana de açúcar constitui um conjunto heterogêneo de partículas de diferentes tamanhos formados por aproximadamente 47% de fibra (derivados). Sua fibra é portadora de elementos estruturais (lignina) que permitem a utilização na indústria de derivados.” (Silva, 2002 apud Coletti; Yuba, 2009, p.15).

4.3 Resultados obtidos

O projeto vem obtendo resultados gradualmente, desde os conteúdos históricos, caracterização dos solos, experiências com a utilização do resíduo da cana e da sua resistência, além do constante trabalho de conscientização. Isso vem proporcionando mudanças de conceitos equivocados em relação à arquitetura de terra entre os acadêmicos e a população. Cada vez mais pessoas se interessam em participar e conhecer mais sobre essa realidade que também faz parte da memória da cidade.

A realização das oficinas no EREA 2013 em Barra do Bugres proporcionou uma excelente troca de experiência entre estudantes de arquitetura do Brasil, demonstrando um pouco do trabalho realizado no município, assim como as peculiaridades da região. O interesse se intensificou entre os estudantes de arquitetura da UNEMAT, o que proporcionou a formação de um grupo de estudos sobre o adobe: ‘João de Barro’, que auxiliou nas oficinas e nos levantamentos dos imóveis locais.



Figura 6 – Testes feitos com barro e confecções de adobe no EREA Barra 2013. Fonte: Autores

5 PROPOSTA DE RESTAURAÇÃO

A Prefeitura de Barra do Bugres propôs a restauração de uma casa de adobe, recentemente adquirida segundo o projeto de lei N° 021/2013, enquadrada na lei municipal N° 2072/2013, com o intuito de transformá-la em um museu. Esta é uma oportunidade de propagar o conhecimento à população local, a favor de quebra de paradigma em relação à arquitetura vernácula e uso da terra crua, demonstrando a importância da sustentabilidade e de oferecer um destino alternativo para o bagaço da cana. O projeto entraria com a mão de obra em conjunto com a população.

A edificação selecionada é a casa Borges (figura 2). É uma construção de grande potencial histórico. Construída na década de 50, segue os padrões construtivos da época, perceptível através da tipologia arquitetônica, como o uso adobe. Contém esquadrias retangulares em madeira, fachada alta e telhas de capa canal em duas águas alinhadas à rua. Infelizmente com o passar dos anos ela foi modificada em alguns aspectos. Foi constatada a presença de tijolos cozidos. Com a técnica do adobe utilizando o acréscimo da fibra natural poderia ser feita a reconstrução de algumas partes da residência e resolvendo também algumas patologias.

A casa apresenta algumas rachaduras, madeiramento comprometido em diversas partes da edificação, além de infiltrações na área de serviço. Ao levar em consideração os conhecimentos adquiridos por acadêmicos inclusos no projeto de extensão para a produção de adobes utilizando o solo local e o bagaço da cana, propõe-se uma ação em conjunto com a comunidade e o poder público para a divulgação dessa técnica por meio da restauração.

Desta forma poderão ser sanados os problemas patológicos, criando um espaço de cunho cultural, histórico e ambiental e ao mesmo tempo estreitando ainda mais os laços entre o município e a academia.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo em mente o impacto ambiental, apontado aqui o ciclo da cana de açúcar com seu efeito ao meio ambiente, buscou-se uma técnica alternativa que minimizasse tais efeitos. A solução escolhida foi a técnica do adobe com a inserção do bagaço da cana. É possível associar esse trabalho de conscientização e propagar o método construtivo com geração de emprego e renda, a fim de construir residências de menor custo em relação às de alvenaria convencional.

Busca-se uma arquitetura sustentável que apresenta conforto térmico adaptada ao clima local. Surge então a oportunidade da participação da comunidade, valorizando a memória da cultura local e do exercício da sustentabilidade. Isso acontece por meio de um trabalho conjugado entre a comunidade e a academia, que direciona uma opção alternativa para os resíduos da cana de açúcar de maneira eficiente.

É direito de qualquer povo preservar sua memória e manter seu vínculo cultural. O museu faz a função de dois objetivos: preservação da história e propagar a conscientização através do conhecimento, por uma sociedade mais participativa que respeite a própria natureza, em que o equilíbrio é fundamental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGOPYAN, V.; SAVASTANO JR., H. (1998). A experiência brasileira com as fibras vegetais. Pini Web
- CALLISTER, W. (1994). Materials science and engineering. Ed. Wiley, Hoboken-Estados Unidos
- CARIGNANI, G.; QUEIROZ, T. M.; GONÇALVES, E. S.; BREDA, S. (2013). Relato de experiência: Projeto de extensão – Resgate Cultural: O adobe como técnica vernacular local em Barra do Bugres. In: Encontro latino americano de edificações e comunidades sustentáveis. Curitiba-PR
- COLETTI, M. N. B. F.; YUBA, A. N. (2009). Aplicação de fibras naturais na arquitetura: Levantamento preliminar de sustentabilidade para o Estado de Mato Grosso do Sul. In: X Encontro de Iniciação Científica da UFMS
- DEINA, S.; FURTADO, V. N.; REIS, V. B. G.; TIBURSKI, H. M.; TARDIVO, V. P. (2013). Habitações históricas: Exemplos da cultura barrabugrense. In: 1º Congresso Internacional de História da Construção Luso Brasileira. Vitória-ES
- FERNANDES, M. (2005). Adobe moldado. *Arquitectura de Terra em Portugal*. Portugal: Argumentum p.45-49, 299p.
- FERREIRA, S. R.; SILVA, A. C. (2009). Estudo das propriedades mecânicas de adobe com adição de fibras vegetais do coco verde. In: Encontro Nacional Sobre aproveitamento de Resíduos na Construção – ENARC 2009. Feira de Santana-BA
- GOMES, M. I.; BRITO, J.; LOPES, M. (2008). Construção de uma edificação de terra crua reforçada com pórticos em betão armado. In: Teoria e Prática na Engenharia Civil. N.12, p.37-47
- PINHEIRO, Renê (2009). Estudo da resistência do tijolo de adobe com adição de fibras naturais de coco verde para habitação de baixo custo. In: Monografia – Coordenação de Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará-UFC
- RAMOS, Jovino Santos (2007). Entrevista concebida a prefeitura de Barra do Bugres, registrado em um documento. B. do Bugres
- REIS FILHO, N. G. (1973). Quadro da arquitetura no Brasil. Ed perspectiva, São Paulo
- SCHLESINGER, S. (2013). *Dois casos sérios em Mato Grosso. A soja em Lucas do Rio Verde e a cana de açúcar em Barra do Bugres*. Mato Grosso: FORMAD. 100p.
- SILVA, A. P. (2002). Balanço energético e produtividade de resíduos agrícolas e agro-industriais. Campinas. 2002
- SOUZA, H. M. P. (2012). O conforto ambiental na arquitetura colonial brasileira: heranças muçulmanas. In: Architecton - Revista de Arquitetura e Urbanismo, v. 2, n. 2, p. 41-54

AUTORES

Gisele Carignani, Professora Assistente no curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT em Barra do Bugres.

Victor Bruno Gonçalves dos Reis, aluno do curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade do Estado de Mato Grosso-UNEMAT, 5º período. Bolsista do projeto de pesquisa e extensão - Resgate Cultural: O adobe como técnica vernacular em Barra do Bugres-MT.

CONTRIBUIÇÕES PARA O PROJETO DE RESTAURO DAS PAREDES DE PAU A PIQUE DA SEDE DA FAZENDA PALMEIRAS

Moacyr Corsi Junior

CORSI arquitetura – Rua Alferes Jose Caetano, 1617, Piracicaba, SP
Tel: (19) 33029678 – e-mail: moacorsi@uol.com.br

Palavras chave – taipa de mão, pau a pique, conservação, patrimônio histórico, cultura rural.

RESUMO

O artigo aborda a execução do Projeto de Restauro da Sede da Fazenda Palmeiras, localizada na cidade de Águas de Lindóia, SP. Este trabalho carrega a importante tarefa de preservar um dos poucos exemplos de edificação rural assobradada, do período cafeeiro, da região nordeste do estado de São Paulo. Tal residência possui vários sistemas construtivos em razão de ampliações e reformas ao longo dos seus 130 anos. Foram identificados o uso de pedra, tijolo maciço queimado, pau a pique e madeira. Neste trabalho, além das análises, decisões arquitetônicas e possibilidades de consolidação da taipa de mão, também serão expostas boas experiências e alguns entraves. Por exemplo, a dificuldade primária de identificação de bibliografia direcionada ao estudo do sistema construtivo em questão, por vezes superficial ou focada em um único aspecto, foi superada pela criação de uma metodologia de organização de informações advindas de trabalhos científicos nacionais e internacionais. Na etapa de obra, a ser realizada, a necessidade de treinar mão de obra para execução da consolidação das paredes será resolvida através de workshops e protótipos. Além disso, foi elaborada uma apresentação, cujo foco é a valorização da cultura rural e as qualidades do sistema construtivo para todos os envolvidos no projeto como forma de promover a instrução, a união da equipe e fomentar o sentimento de orgulho pela futura obra coletiva. Conclui-se que o estudo e o roteiro de elaboração do projeto arquitetônico promoverão bases sustentáveis para execução desta obra além de fonte de consulta e material significativo para dividir as experiências para projetos similares.

1. INTRODUÇÃO

O objetivo deste trabalho é descrever parte do desenvolvimento de um projeto de restauro, adaptação e reforço estrutural da sede da Fazenda Palmeiras, localizado na cidade de Águas de Lindóia, São Paulo, Brasil. A propriedade está há quatro gerações com a mesma família e tem cerca de 80 hectares de pastagens e 20 hectares de reserva florestal permanente. Dedicar-se a pecuária, a cafeicultura e fruticultura. Possui um conjunto construído de diferentes épocas: casas de colono, igreja, monjolo, paiol, curral, depósito. Existe um plano de Restauro e Revitalização geral desta fazenda, mas que não será abordado neste momento. O artigo apresenta como foco as questões referentes ao projeto e ao restauro estrutural da parede de pau a pique, que faz parte do projeto de restauro completo da casa principal desta propriedade.

A sede foi construída em 1884 e é um dos poucos exemplos de residências assobradadas existentes na região remetente ao período cafeeiro. A edificação possui vários sistemas construtivos em razão de ampliações e reformas ao longo dos 130 anos de construção. A planta se organiza da seguinte forma:

Térreo - com fundação e paredes em pedra, reboco de cal e saibro, paredes internas de pau a pique e tijolo, esquadrias e batentes em madeira maciça e piso de terra batida ou tablado.

Segundo pavimento - paredes externas e internas em pau a pique e tijolo maciço queimado, reboco de cal e saibro, esquadrias e batentes em madeira maciça, forro em madeira e piso em assoalho. Telhado com estrutura de madeira, telhas cerâmicas e calhas metálicas pintadas.

A figura 1 mostra a sede da Fazenda Palmeira e seu entorno, com terreiros de café, casa de colono (já restaurada), muros de arrimo de pedras, paiol e curral. Além destas construções há também um depósito e o curral atrás da sede.



Figura 1 – Vista da sede da Fazenda Palmeiras e seu entorno

Na primeira visita criou-se um plano de ação com quatro etapas:

- Fase 1 – Levantamento – escopo do trabalho, levantamento arquitetônico, levantamento histórico, levantamento fotográfico, prospecções;
- Fase 2 – Diagnóstico (patologias, estudos, ensaios e testes);
- Fase 3 – Programa, partido arquitetônico, estudos, relação diagnóstico/soluções arquitetônicas, projeto (arquitetônico e interiores), memorial descritivo e planilhas orçamentárias;
- Fase 4 – Obra e pós-ocupação.

Neste momento, as fases 1 e 2 já foram realizadas; as fases 3 e 4 estão em andamento.

O artigo não pretende discutir todas as fases ou comparar diferentes formas de levantamento ou projetos. Será focado na fase 2, pois o diagnóstico e a sistematização das patologias mais frequentes e suas possíveis causas tem papel fundamental para a execução do restauro das paredes.

Ao decidir por preservar a taipa de mão, surge a necessidade de buscar informações referentes às propriedades e características mecânicas do solo utilizado nas paredes. Para isso, foi realizada uma pesquisa sistemática para as questões: Como intervir e projetar o restauro das paredes de pau a pique? Quais são as melhores práticas para executar as intervenções no trabalho proposto? Para isso, são realizados estudos técnicos e diagnósticos para determinar propriedades como: granulometria, resistência (compressão e tração), entre outros. Além disso, o diagnóstico auxilia e justifica as decisões tomadas na fase 3, que é a etapa em andamento hoje.

Os procedimentos metodológicos iniciaram a partir da obtenção de dados para a fase 1, os quais são:

- Levantamento arquitetônico – indicando uma planta, corte e fachadas com medidas precisas; prospecções arquitetônicas; estudo e detalhamento das técnicas construtivas encontradas;
- Levantamento fotográfico – registrar elementos que compõe o conjunto através de fichas com datas e localização das fotos; a ser realizado ao longo de todas as fases;
- Levantamento contextual – histórico, cultural, social e geográfico;
- Formulação do programa de necessidades.
- Estudos – estudos técnicos, normas, pesquisa bibliográfica e comparação das informações teóricas obtidas com as encontradas no local;

A fase 1 levantou as informações que serviram de base para a fase 2, denominado Diagnóstico, que foi dividido em:

- Patologias - mapeamento constando todos os danos e grau de deterioração do edifício através de fichas técnicas e levantamento fotográfico;
- Diagnóstico - indicadas as causas e agentes desses danos para que sejam apontadas as soluções cabíveis em cada caso.
- Ensaio e testes.

Com a finalização da fase 1, foi gerado material suficiente para iniciar uma pesquisa bibliográfica para comparação das informações colhidas na fazenda. Tal pesquisa bibliográfica contém estudos de caso, artigos e livros. Toda informação obtida servirá como base para a realização das fases 3 e 4.

Ciente desta vasta e variada quantidade de material teórico e das técnicas construtivas em terra crua, a pesquisa foi igualmente ampla. Procurou-se por informações, não só de sistemas entramados, no qual se classifica a taipa de mão, assim como outras técnicas construtivas de terra crua para criar a massa crítica para a este tipo de construção. Em seguida, focou-se em artigos mais específicos que, de alguma maneira, apontavam para as dúvidas citadas na introdução deste artigo. Iniciou-se por artigos e livros nacionais e internacionais (língua inglesa e espanhola) onde os principais autores estudados foram Olender (2006), Bruno (2008), IPHAN (2005), ICOMOS (2004) e Mileto et al (2011). Segundo Mileto et al (2011), os materiais teóricos, os critérios de intervenções, as técnicas usadas e resultados obtidos são diversos. Percebe-se que existe o conhecimento em fazer a técnica construtiva, mas pouco em relação aos tipos e procedimentos para as intervenções.

Além disso, muito se estudou sobre os sistemas entramados no que se refere a terra. Porém, pouco se comenta sobre a parte orgânica (madeira, fibras, etc.). No caso do pau a pique não foi encontrado material teórico que mencionasse intervenções de restauro da sua madeira. Autores como Mühlbauer e Razeira (2000) sugerem a desmontagem do painel e posteriormente a remontagem do mesmo com novas peças de madeira similar. “As peças que não tiverem condições de recuperação deverão ser substituídas por outras, se possível, utilizando o mesmo tipo de madeira” (Mühlbauer; Razeira, 2000, p.). Entretanto, buscou-se realizar uma intervenção menos agressiva, como a realizada pelo restaurador Caio Orsi, que aplicou cola à base de água como preenchimento da madeira deteriorada do pau a pique no Solar do Conde de Pinhal em São Carlos. Segundo Mühlbauer e Razeira (2000, p.) “... é possível injetar cola PVA ou resina de poliéster para preencher os espaços e aumentar sua resistência. Nunca devem ser utilizadas resinas epoxídicas ou acrílicas para preenchimento, a primeira se contrai após catalisar, e a segunda se dilata, podendo causar novos estresses à peça já fragilizada”. Estes novos estresses, gerados por injeção de material inadequado dilatam e trincam o preenchimento de terra. Vale lembrar que esse processo se aplica somente a madeira e não se aplica à terra. Para restauro da porção de terra, esta deve ser reconstituída com material semelhante ao original, em forma de argamassa fluida à base de terra e aglomerante ou fixador natural.

2. PATOLOGIAS



Figura 2 – Aspecto das fachadas da sede da Fazenda Palmeiras.

O mapeamento das patologias em planta e fachadas permite constatar e localizar todos os danos e grau de deterioração do edifício (figura 2). Além das peças gráficas, utilizam-se fichas técnicas e levantamento fotográfico para auxiliar e documentar cada tipo de patologia.

A primeira etapa do levantamento é identificar as patologias de estruturais graves, pois estes problemas são prioritários para asseguram a estabilidade da construção.

Neste caso, o objeto construído possui:

- Recalque de fundação – resultando deformação na argamassa e na parede de pedra e pau a pique.
- Apodrecimento de vigas e pilares de madeira por infiltração de água pela cobertura – resultando em deformação excessiva da estrutura principal de madeira.

Por ser um sistema misto, composto de estrutura de madeira (orgânica) dispostas na vertical e horizontal com enchimento em terra crua (mineral), a taipa de mão depende da análise dos dois materiais e sua relação entre eles.

Nesta obra, verifica-se o uso de diferentes materiais na estrutura: nas paredes internas foram usados bambu e madeira; nas paredes externas, somente madeira. A amarração entre as madeiras foi feita com cipó, pregos ou cavilhas.

As patologias relacionadas com a umidade são de difícil correção, pois algumas decisões arquitetônicas da época de construção criam problemas que necessitam solução através de novas intervenções. Para essa reabilitação deve-se adotar “procedimentos que assegurem resultados satisfatórios em longo prazo. Daí decorre a necessidade se ter que prestar atenção às soluções a adotar e possíveis implicações futuras. De uma forma geral, para se solucionar as patologias deve-se, quando possível, eliminar as causas que as provocaram e proceder à substituição e reparação dos elementos/materiais afetados” (Achenza et al, 2006, p.42). Exemplos disso seriam a erosão e umidade dos rebocos do térreo por queda da água do telhado, cuja solução seria a instalação de calhas para captar e direcionar as águas; apesar de existir calhas improvisadas em algumas partes da casa, mas não em todo o perímetro.

Depois de estudar os detalhes construtivos, convém entender, identificar e solucionar patologias da construção. O levantamento sistemático das patologias com ajuda de um roteiro (tabela 1) facilita a visualização dos efeitos, causas, problemas e possíveis soluções.

Tabela 1 – Identificação de patologias (modelo usado por Olender 2006, p.74.

Efeito	Causa	Problema
Deformação excessiva	Recalque da fundação, erro construtivo ou instabilidade estrutural	Insegurança e instabilidade do sistema construtivo
Deslocamento de prumo	Desprendimento de reboco ou deformação da estrutura	Segurança dos usuários, instabilidade do sistema construído, proliferação de insetos.
Presença de Cupins	Condições para taque e falta de combate aos insetos	Cupins de solo podem destruir a parede
Fissuras	Retração e contração superficial do reboco	Estético
Manchas de Umidade	Umidade ascendente	Fragmentação superficial da parede, eflorescência, proliferação de microrganismos e apodrecimento da estrutura.
	Umidade descendente	Erosão da parede, proliferação de microrganismos e apodrecimento da estrutura.
Trincas	Perda de estrutura principal do pau a pique (madeira)	Comprometimento estrutural e abrigo para insetos
	Dilatação entre materiais (tijolo maciço queimado e pau a pique)	Trinca constante por dilatações diferentes de materiais e sistemas construtivos
	Reparos mal executados como argamassas a base de cimento	Estético e técnico
Degradação da parede ou revestimentos	Funcionamento deficiente da cobertura, erro construtivo ou degradação do material orgânico (madeira)	Instabilidade do sistema construtivo

Os serviços de eliminação dos agentes (insetos xilófagos), desinfestação e imunização das peças são de difícil execução e deve ser feito por profissionais especializados.

3. DIAGNÓSTICOS

Foram adotados diagnósticos qualitativos, ou seja, “baseada a observação direta dos dados estruturais e degradação dos materiais, como também a investigação histórica...” (ICOMOS, 2004 p.23). O primeiro diagnóstico refere-se às técnicas construtivas para evoluir aos estudos das patologias.

Os sistemas construtivos foram identificados através de percepção visual ou prospecção arquitetônica. Ao identificar as paredes de taipa de mão percebeu-se que algumas das paredes internas e externas foram executadas, em partes ou inteiramente, em tijolo maciço. Surgiram duas hipóteses: as paredes foram feitas com tijolo e outras de pau a pique? Ou o tijolo substituiu uma parte das paredes de taipa de mão que ruíram ou se degradaram?

Se a primeira hipótese fosse verdadeira, haveria uma repetição da solução construtiva de tijolos maciços queimados ao longo da residência. Se a segunda hipótese fosse verdadeira resultaria uma situação pontual, somente onde houve degradação da taipa de mão. Após diversas prospecções realizadas abaixo das janelas e nas paredes internas, descobriu-se que houve a substituição do sistema de terra crua pelo tijolo maciço queimado somente em algumas paredes externas. Possivelmente, a troca do pau a pique por tijolo aconteceu por um possível dano causado por alguma patologia referente a esquadria de madeira que permitiu a entrada de água atacasse a técnica construtiva com terra crua. Por isso, observam-se dois tipos de janela cega na residência.

A umidade descendente advinda de falta de estanqueidade da cobertura resultou em situações danosas para as paredes de taipa de mão. A erosão da parede, proliferação de microrganismos e apodrecimento da estrutura de madeira ameaçaram a estabilidade da construção. Aliado a este fato, as adições de tijolos maciços queimados ao longo de reformas aumentaram o peso sobre a viga de madeira, que colaborou para maior deformação. Para evitar o colapso de algumas paredes, foram instaladas escoras para manter a segurança dos usuários e da edificação.



Figura 3 – Esquerda: aspecto da taipa de mão e pilar de madeira da estrutura autônoma principal. Direita: detalhe do pau a pique interno sem revestimento.

4. ENSAIOS E TESTES

Os ensaios e testes são necessários para determinar as qualidades e possibilidades do material em questão de acordo com técnicas científicas com procedimentos e verificação dos resultados. Entretanto, existem algumas técnicas alternativas de taapeiros que propiciam resultados satisfatórios. Devem-se executar as duas técnicas para verificar e comparar os resultados.

4.1. Coleta de amostras

Como a maior parte dos sistemas construtivos de terra usa material local, optou-se por coletar quatro amostras a uma distância máxima de 25 m da construção, pois se entende que esta distância seja possível a movimentação do material de diferentes maneiras (carriola, carroça, etc.); e a profundidade de 50 cm para livrar o material orgânico da superfície. “A terra para a execução da massa era retirada de local próximo à construção devido às dificuldades de transporte e do grande volume de material necessário para o preenchimento. As argilas foram escolhidas pelo próprio taapeiro que conhecia de forma empírica as propriedades físicas do material e dos componentes construtivos, selecionando-a visualmente e com o tato” (Canteiro; Pisani, 2006, p.5).

Destes quatro pontos foram coletados volume de material suficiente para se obter amostras cilíndricas de ensaio de compressão simples de aproximadamente 100 mm com altura duas vezes maior que seu diâmetro e também para a caracterização granulométrica. Além disso, foram coletadas amostras do reboco e do enchimento das paredes internas e externas da casa. O volume destas amostras da construção foi retirado das partes já danificadas e o volume suficiente para fazer o teste de caracterização granulométrica.

4.2. Caracterização granulométrica

Foi realizado o peneiramento do solo que indicou se tratar de areia média de natureza arenosa com irrelevante fração de partículas com diâmetros superiores a 2,5mm.

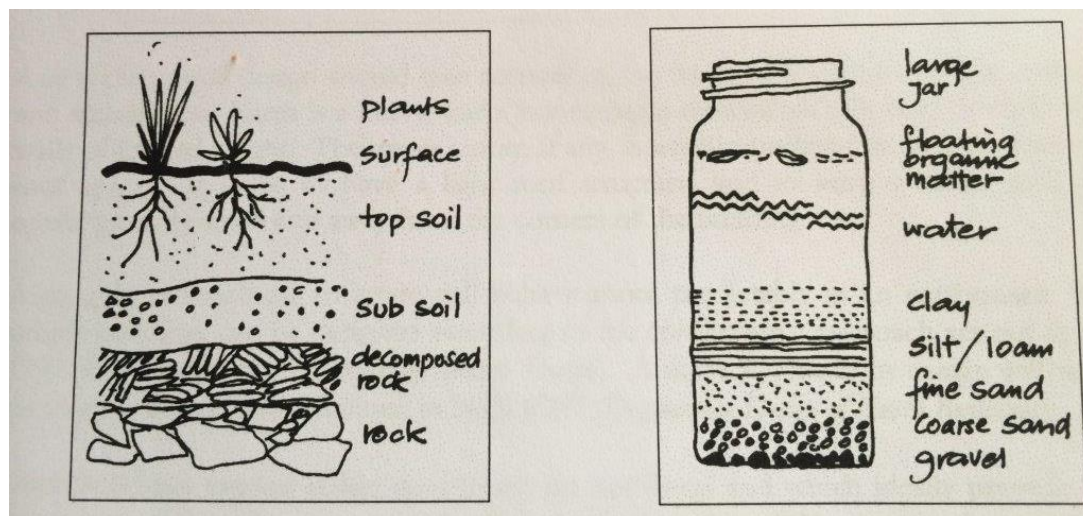


Figura 4 – Esquerda: ilustração explicando as camadas naturais de terra. Direita: ilustração que indica as camadas de sedimentação resultante do teste do vidro (Waitakere, 2008, p.7)

No teste do vidro ou teste de sedimentação (Olender, 2006) deve-se usar um recipiente de vidro transparente com tampa. Colocar água pela metade e adicionar e diluir uma colher de chá com sal para facilitar a separação das partículas do solo. Colocar a terra, completar o volume de água e agitar por dois minutos. Deixar em descanso por 24 horas para que as camadas se sedimentem. Este procedimento foi realizado com a terra do enchimento e reboco existentes e do entorno, cujos resultados são apresentados na tabela 2.

Tabela 2 – Composição do solo determinado pelo teste do vidro

Composição do solo do pau a pique - Faz Palmeiras		
Argamassa	areia (%)	silte+argila (%)
Enchimento	60	40
Reboco	65	35
Solo do Entorno	60	40

O teste do vidro indicou uma constatação importante: foram encontradas proporções muito semelhantes aos resultados do material local. Portanto, o material local poderá ser usado no restauro sem aditivo de areia ou argila.

4.3. Ensaios mecânicos

Não foram realizados os ensaios mecânicos até o fim deste artigo pela dificuldade em encontrar uma empresa ou universidade que permitisse utilizar equipamentos para um ensaio de compressão simples. Pretende-se moldar cilindros com diâmetro de 10 cm por 20 cm de altura com terra umedecida em proporções de 10%, 15% e 20% de água. Para este tipo de teste é preciso realizar acabamento perpendicular nas extremidades da amostra ao seu eixo para que a compressão não deforme a peça. Este ensaio tem a função de ção determinar a quantidade de água ideal para determinar a proporção da argamassa de terra a ser usada no restauro.

Outra maneira empírica para definir esta proporção é por meio do teste da bola. Depois de amassar o barro com as proporções de água 10%, 15% e 20%, pode-se moldar uma bola de terra do tamanho de duas mãos juntas em forma circular. Quando a massa da bola

desprender da mão com facilidade separa-se duas amostras de cada proporção. Em seguida, são realizados dois testes:

- Teste da queda - soltar uma amostra de cada uma das proporções a uma altura de 1,20 m.
- Teste do sol – a outra parte amostra da proporção deixar ao sol por dois ou três dias.

A amostra que se mostrar mais estável tanto no ensaio da queda quanto na seca ao sol é a mais indicada para o uso. No teste da queda, as proporções de 15% e 20% não se fragmentaram. No teste do sol, a proporção de 15 % fissurou menos, indicando que a mistura com 15% com água seria o ideal para este trabalho.

5. CONCLUSÕES

O estudo demonstra alguns questionamentos e dificuldades do processo de restauro de pau a pique. É também um exemplo de como, algumas vezes, para realizar um projeto de restauro, exige-se tempo e uma equipe multidisciplinar, que possa colaborar nas diversas etapas do processo. A equipe deste projeto é formada com profissionais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ/USP).

Já completadas as fases 1 e 2 (diagnósticos), os dados são suficientes para determinar alternativas e estudos técnicos necessários para definir os serviços da obra. Este planejamento consiste, fundamentalmente, em determinar a exequibilidade dos serviços de restauração, bem como a metodologia de trabalho adequada para atingir os melhores resultados sob o ponto de vista técnico, arquitetônico, artístico e histórico.

Sugere-se, também, um futuro trabalho de sistematização das informações dos bens tombados em terra e suas intervenções para que o conhecimento produzido auxilie os profissionais da área. Os trabalhos de Mileto et al (2011), por exemplo, buscaram coletivizar as informações na península Ibérica, mas existem poucos trabalhos neste sentido no Brasil. Acredita-se que iniciativas como estas podem preservar as construções com terra, valorizar e popularizar o sistema construtivo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Achenza, Maddalena; Correia, Mariana; Cadinu, Marco; Serra, Amadeo; (2006). Built with earth – conservation, significance and urban quality. Disponível em: http://ria.ua.pt/bitstream/10773/8411/1/D_003.pdf. Acesso em 27/12/ 2013.

Bruno, Patrícia (2008). Patologias e reparação de paredes de taipa – uma abordagem genérica. Disponível em: [http://academia.edu/3581462/Patologias e reparação de paredes de taipa – uma abordagem genérica](http://academia.edu/3581462/Patologias_e_reparação_de_paredes_de_taipa_-_uma_abordagem_genérica). Acesso em 27/12/ 2013

Canteiro, F.; Pisani, M. A. J (2006). Taipa de mão: história e contemporaneidade. In: Terra Brasil 2006 – I Seminário Arquitetura e Construção com Terra no Brasil e IV Seminário Arquitectura de Terra em Portugal. Ouro Preto, novembro de 2006. http://www.aedificandi.com.br/aedificandi/N%C3%BAmero%202/2_taipa.pdf . Acessado em 25/05/2014

ICOMOS (2004). Recomendações para a análise, conservação e restauro estrutural do patrimônio arquitetônico. Tradução: Paulo B. Lourenço e Daniel V. Oliveira. Minho: s.ed.

IPHAN (2005). O adobe e a arquitetura. Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/baixaFcdAnexo.do?id=505> . Acessado em 10/05/ 2014.

Mileto, C.; Vegas Lopez-Manzanares, F.; Cristini, V.; Garcia Soriano, L. (2011) Restoration of rammed earth architecture in the Iberian Peninsula. Ongoing research.

Mühlbauer, Clarice Futuro; Razeira, Philipe Sidartha (2000). Conservação e restauração de madeira na arquitetura Brasileira. <http://marciabraga.arq.br/vo/images/stories/pdf/madeira.pdf> acessado em 25/05/ 2014.

Olender, Monica Cristina Henriques Leite (2006). A técnica do pau a pique: subsídios para a sua preservação. Dissertação de mestrado Universidade Federal da Bahia, UFBA/ PPGAU.

Waitakere City Council's Sustainable Home Guidelines – chapter Earth Building, 2008.

Disponível em: <http://www.waitakere.govt.nz/abtctit/ec/blldsus/pdf/materials/earthbuilding.pdf>
acessado em 20/04/2014

AUTOR

Moacyr Corsi Jr, arquiteto e urbanista com experiência em patrimônio histórico, se interessou por construções com terra desde a época da Faculdade Metodista de Piracicaba onde professores estimularam o conhecimento de técnicas alternativas.

ARQUITETURA DE TAIPA EM NOVA FRIBURGO-RJ**Werther Holzer¹; Alessandra Villar Damasceno²; Luisi Mendonça Fajardo³; Paula Couto Guimarães Carvalho**

Departamento de Urbanismo, Escola de Arquitetura e Urbanismo, UFF, Niterói - RJ

¹werther.holzer@uol.com.br; ²alessandradamasceno@hotmail.com; ³luisi_fajardo@hotmail.com; ⁴paulacouto@id.uff.br**Palavras-chave:** taipa, registro, conservação, Nova Friburgo**Resumo**

O trabalho tem como objetivo apresentar o resultado parcial de uma pesquisa, que vêm sendo desenvolvida há quase três anos, de levantamento da arquitetura da taipa (que os locais chamam de estuque) no município de Nova Friburgo – RJ. Esse patrimônio da arquitetura de terra tem suas especificidades, pois foi construído pelos imigrantes suíços e alemães, que se fixaram na colônia, que se constituiria mais tarde em Nova Friburgo, por volta de 1815. Trata-se de uma arquitetura de terra baseada em técnicas construtivas europeias. Os exemplares dessa arquitetura, devido à pressão imobiliária estão sendo demolidos. O objetivo da pesquisa foi de levantar os exemplares mais significativos, e de conversar sobre a história dos mesmos com seus proprietários. O levantamento foi realizado utilizando-se fotografias e GPS, para a sua localização exata, quando possível foi gravada entrevista e levantada a planta do local. Este material foi transcrito em fichas individuais de cada imóvel, em modelo semelhante ao utilizado pelo Instituto Estadual do Patrimônio Cultural – INEPAC, instituição responsável pela preservação do patrimônio no estado do Rio de Janeiro. Foram levantados e catalogados um bom número de exemplos que poderão, futuramente, se constituir em um museu ao ar livre de arquitetura vernácula.

1. A COLONIZAÇÃO SUÍÇA E ALEMÃ EM NOVA FRIBURGO

Nova Friburgo é resultado do primeiro projeto oficial de colonização europeia no Brasil contratada pelo governo português. Essa experiência de colonização inicia-se em 1819, a partir de um contrato assinado em 1818, entre Sébastien-Nicolas Gachet, um suíço radicado no Rio de Janeiro, representando o governo suíço e a coroa portuguesa. Esse contrato estipulava a vinda de cem famílias católicas de língua francesa provenientes do cantão de Fribourg (Sanglard, 2003, p. 173 e 176).

Por motivos sobre os quais não cabe aqui se alongar, devidos à publicidade dada a essa empreitada de imigração oficial, o número de imigrantes que saiu da Europa foi bem maior do que o previsto no acordo, envolvendo também habitantes de outros cantões, parte deles de língua alemã. A procedência dos imigrantes, do ponto de vista português, não era importante já que o contrato previa que eles abrissem mão da cidadania suíça adotando a nacionalidade portuguesa (Nicoulin, 1988, p. 237).

Havia uma importante contrapartida oferecida pela coroa portuguesa: “custear a passagem dos imigrantes, do porto à colônia, garantir-lhes subsídios para os primeiros anos na nova terra e preparar o local para recebê-los. A cidade encontrada pelos suíços era formada por um conjunto de cem casas, divididas em três quarteirões, uma praça e um hospital. A casa-grande da antiga fazenda do Morro-Queimado, local escolhido para a instalação da colônia tornou-se a moradia dos dignitários do governo junto à colônia. Ali funcionavam também a escola e a igreja. Havia ainda dois fornos comunitários, um armazém, um açougue, dois moinhos e um silo”. (Sanglard, 2003, p. 177).

Assim os imigrantes suíços que sobreviveram à viagem, pois ocorreram muitas mortes, chegaram a uma Colônia já edificada, evidentemente com tipologia e padrão construtivo bastante diverso ao que estavam habituados. Mais grave foi o fato de que famílias distintas tiveram que compartilhar a mesma casa, pois o número de imigrantes era muito superior ao acordado. Segundo Oliveira (2012, p.4), quando a vila de Nova Friburgo recebeu seu alvará,

em janeiro de 1820, nela estavam assentadas 260 famílias suíças. Havia, também, a dificuldade de comunicação e de acesso, tanto local, como para o Rio de Janeiro (Witt, 2004, p. 176).

Uma carta anônima, comentada por Sanglard (2003, p. 186), descreve essas casas no momento em que chegaram os imigrantes: “As casas, construídas quase sempre em conjunto de seis, são cobertas de telhas fundas, o assoalho dos cômodos em terra batida, as janelas guarnecidas de postigo, sem vidro, à moda do país, bem leves, mas melhor do que tínhamos pensado; há somente a chuva contra a qual estamos protegidos; cada casa deve alojar 16 pessoas”.

Os alemães, cerca de 80 famílias, que originalmente seriam abrigadas em colônias do sul da Bahia, foram enviados para Nova Friburgo em maio de 1824 (Oliveira, 2012, p. 4). As relações entre suíços e alemães, em seu início, foram conflituosas, por conta desses últimos serem luteranos, o que levou a uma segregação espacial na vila.

Alves (2011) descreve essa situação de segregação, que ainda perdurava no ano 1840, por ocasião da viagem que fez a Nova Friburgo o alemão Ernst Hasenclever. Segundo esse viajante a vila de Nova Friburgo “era formada por um pouco mais de 100 casas, todas de um andar apenas e muito parecidas entre si. No centro, havia um belo pasto comum que era dividido por 2 pequenas fileiras de 5, 6 casas cada uma. Naquele momento, muitos proprietários estavam construindo um segundo andar. Os moradores da vila eram em sua maioria suíços e franceses, sendo possível encontrar dentre eles alguns poucos alemães e brasileiros. Ganhavam dinheiro com horticultura, gado e sobretudo com a hospedagem e alimentação dos inúmeros visitantes que, no verão, chegavam à região. Devido ao seu clima saudável, vinham para se tratarem ou para o lazer. Quinze minutos da vila em direção ao sul e separada por uma colina, localiza-se o vilarejo dos alemães chamado habitualmente de ‘Alemanha’, pois neste só moravam alemães. Era formado por 30 casas e tinha uma aparência bem mais pobre que a vila” (Alves, 2012, p.4).

Importante ressaltar que, desde o início esse vilarejo também foi edificado em taipa. Segundo Oliveira (2012, p. 6) o primeiro templo luterano, edificado pelo pastor que liderava os imigrantes alemães, foi erguido em pau-a-pique.

Segundo Witt (2004, p. 181) “a produção e o mercado instável dos gêneros agrícolas e o sistema de herança, o qual partilhava a terra entre todos os herdeiros, foram motivos para gerar dispersão entre os descendentes dos primeiros colonos”. Mas, o principal motivo pode ter sido outro, como propõe Sanglard (2003), ao observar que logo esses imigrantes viram a oportunidade de enriquecer, adaptando-se aos costumes locais, o que incluía a compra de escravos, ou a sua captura em quilombos, e o abandono da colônia para dedicar-se ao plantio do café em Cantagalo, então sede do município onde se assentava Nova Friburgo.

Para os mais pobres, que não queriam permanecer na Colônia devido ao número excessivo de moradores por residência, restou a alternativa de dirigir-se para o lado contrário de Cantagalo, seguindo os cursos d’água que corriam pela Serra do Mar em direção ao Oceano Atlântico. Esse foi o caso dos fundadores de Lumiar, distrito de Nova Friburgo objeto da pesquisa apresentada nessa artigo.

Brito data o início da colonização suíça em Lumiar entre os anos de 1819 e 1822, tendo a localidade sido oficialmente fundada em 1828, nas terras da família De Roure, cuja sede ainda existe, hoje na forma de um belo chalé de dois pavimentos feito em taipa de mão, com técnica diversa da adotada pelos suíços, que se encontra implantado na praça principal da localidade, a praça Carlos Maria Marchon. (Brito, www.lumiar.net.br/informacoesgerais;familiaspitz.br.tripod.com/familiaspitz/id10).

O distrito sempre foi isolado. Em uma das entrevistas realizadas durante a pesquisa um morador sexagenário de uma das casas de taipa documentada relatou que na década de 1950 tropas de mulas demoravam um dia e meio para chegarem à sede do município distante cerca de trinta e cinco km.

Segundo Brito (familiaspitz.br.tripod.com/famliaspitz/id10), até a chegada da luz, em 1985 e o asfaltamento da estrada que liga Lumiar a Nova Friburgo, se manteve a “produção de subsistência e cultivo do café, o modo de vida interiorano (cavalos como meio de transporte, fogão de lenha e lamparinas, economia assentada em recursos locais)”.

Esse isolamento, como em muitos outros municípios brasileiros, preservou as edificações locais, hoje num estágio de esquecimento, abandono e demolição. Apesar disso pode se contar ainda mais de uma centena de casas de taipa, construídas segundo uma tradição que será apresentada no próximo item como sendo de origem suíça.

2. A PAISAGEM E A CULTURA DETERMINAM O MODO CONSTRUTIVO

A partir do que foi apresentado no primeiro item pode-se inferir que essa dispersão dos imigrantes pelos vales estreitos e encachoeirados dos córregos e riachos que fluem todos para o rio Macaé, aliada ao isolamento imposto pela ausência de estradas, deixou esses imigrantes à mercê dos recursos que a paisagem de mata atlântica lhes oferecia.

Como os terrenos são acidentados e pedregosos, optaram pelo cultivo pelo sistema de pousio, fazendo a limpeza da capoeira, após o período de descanso da terra, com a queimada controlada. Essas áreas de cultivo ladeiam os cursos d’água, deixando as áreas mais planas, mas ao mesmo tempo secas e longe do alcance das enchentes, para que se implante as casas, quase sempre isoladas, conforme destacada na figura 1.



Figura 1 – Paisagem típica da região de Lumiar, alternando mata atlântica e campos de cultivo. O rio Macaé aparece na imagem.

Hoje, por conta do afluxo cada vez maior de turistas, as famílias desses primeiros imigrantes se agrupam em torno de um núcleo central mais antigo, de forma bastante concentrada, se utilizando de materiais de construção industrializados, como cimento e tijolos cerâmicos, abandonando a sabedoria ancestral de uma implantação segura em uma área sujeita a deslizamentos e a enchentes. Muitos desses terrenos mais favoráveis à implantação segura de residências estão nas mãos de turistas.

Quando os suíços e alemães chegaram a Lumiar os portugueses, como explanado no item anterior, já estavam estabelecidos em fazendas. Nestas a técnica construtiva utilizada também era a taipa, no entanto diferenças construtivas sutis diferenciam as residências dos portugueses daquelas construídas pelos suíços e alemães, como será demonstrado mais adiante.

A diferenciação refere-se, primeiramente, a forma com que suíços e alemães se apropriaram das terras na bacia do rio Macaé, e não foi de forma diferente que ocuparam a do rio Macabu. Essa implantação obedece a uma lógica de parcelamento orientada pela tradição jurídica suíça. Assim os grandes latifúndios portugueses, gerados por uma política de doação de sesmarias, é substituído por um parcelamento em lotes muito menores, baseados no *chésal* (parcela urbana com potencial construtivo, estreita e longa) e o *Enclos* (terreno cercado).

Segundo o Dicionário Histórico da Suíça:

A casa camponesa é o edifício principal da fazenda, que compreende também edifícios para uso agrícola. Estes elementos formam, com o terreno onde se implantam (*chesal*, *enclos*) e com os direitos de uso campestres e florestais, uma entidade jurídica de exploração. A alta diversidade de áreas naturais na Suíça se reflete nas atividades agrícolas (cereais, pecuária, laticínios, vinha) e materiais de construção (madeira, pinho, pedra, barro, palha). A construção e a disposição das casas rurais eram influenciadas por disposições legais (direito de sucessão, direito de construção, direito consuetudinário), mas também por fatores culturais, como religião, condição social ou tradições. (<http://www.hls-dhs-dss.ch/textes/f/F10998.php>).

Nessa parcela de terra se implanta a construção principal e as de uso agrícola, no caso de Lumiar e São Pedro da Serra pequenos silos elevados em taipa, segundo um método construtivo que adota a taipa de mão (estruque) como vedação externa e interna, mas sem qualquer função autoportante. A hipótese que se desenvolve nesse artigo é de que esse método construtivo tem como referência tradições oriundas da Suíça.

Esta afirmação se baseia no Dicionário Histórico da Suíça, em seu verbete referente à casa camponesa, referindo-se ao Planalto e ao Jura (onde se localiza Friburgo):

A escassez de madeira, no século XVI, fez progredir o uso da pedra no norte e no oeste da Suíça (por vezes com uma armação interna de madeira) e o enxaimel no leste, nordeste e norte ao longo do Reno. [...] Desde o século XV predomina a casa de função múltipla. Frequentemente a fachada principal da habitação é uma parede paralela à água do telhado (*mur gouttereau*) (perpendicular à empena). A partir do século XVI, telhados em cavacos, com baixa declividade, foram substituídos por telhados íngremes de telhas de barro” (<http://www.hls-dhs-dss.ch/textes/f/F10998.php>).

Com pequenas variações as casas de taipa de Lumiar apresentam a mesma tipologia como será apresentado no item a seguir.

3. A TÉCNICA DA TAIPA (ESTRUCHE) DOS SUIÇOS DE NOVA FRIBURGO

Esse texto apresenta os resultados parciais de uma pesquisa que objetiva o levantamento de residências já existentes construídas entre 1820 e 1960. A descrição das técnicas para a sua construção é prospectiva, apoiando-se também em algumas entrevistas com alguns de seus proprietários.

Todos os exemplares levantados nessa pesquisa possuem a mesma tipologia, que corresponde a descrita para as casas suíças do Jura: sua fachada principal constitui-se de uma parede paralela à água do telhado, onde se abrem, nos exemplos mais simples, uma porta e duas janelas. Em alguns exemplos levantados, a porta se abre na empena lateral (figura 2).

As plantas são retangulares, com a maior dimensão para a fachada principal, que se volta ou para uma estrada vicinal ou para a calha de um rio.



Figura 2 – Casa em Boa Esperança de Cima, distrito de Lumiar, exemplo típico da arquitetura de taipa encontrada na região.

A casa é totalmente suspensa do chão, na maior parte das vezes tirando partido da declividade do terreno. Essa característica já é peculiar da região de Nova Friburgo, pois casas de taipa situadas em municípios próximos, que tiveram colonos de outras origens, são levantadas diretamente do chão, que é nivelado, sendo o piso interno de terra batida. Essa, aliás, foi a tipologia com que se depararam os suíços quando chegaram à Nova Friburgo, o que deve ter causado espanto e desconforto, pois esse fato foi relatado por diversos colonos.

A técnica construtiva para se elevar as casas é a de apoiar toda a sua estrutura sobre baldrames contínuos de madeira, no mais das vezes grosseiramente aparelhadas. Estes baldrames são apoiados sobre pedras retiradas do próprio terreno, que tem seu topo nivelado. Sobre esses baldrames são apoiados os esteios (colunas) também de madeira, que compõe as fachadas e o tabuado corrido do piso (figura 3). Os esteios apoiam o frechal, também grosseiramente aparelhado, onde descansa o encaibramento dos telhados, alguns feitos em pau roliço, outros com madeira aparelhada à mão. Essas peças, nas casas mais antigas são encaixadas, ou fixadas com cavilhas de madeira.

Pelo descrito acima, depreende-se que esta é uma estrutura em enxaimel, diversa do sul do Brasil, onde a vedação das paredes é feita com tijolos de barro; em Nova Friburgo, ela é preenchida com taipa de mão, aqui chamada de estuque, provavelmente para deixar claro que sua função não é autoportante.

Essas paredes de taipa são construídas de modo tradicional: um trançado retangular de madeira roliça, o pau-a-pique e de bambu (figura 4). Segundo o Sr. Ornir, um dos entrevistados na pesquisa, “um joga o barro e o outro fica escorando assim as ripas e fica acertando”. O mesmo entrevistado afirma que o pau a pique e o bambu não apodrecem.



Figura 3 – Detalhe do encaixe do baldrame com o esteio. Aparece também como o trançado da taipa é simplesmente apoiado na estrutura de madeira.



Figura 4 – Nesse exemplo, situado no centro de Lumiar, aparece a técnica construtiva em todos os detalhes descritos acima: a estrutura em enxaimel, as vedações em taipa.

O telhado, sempre de duas águas, tem declividade maior do que 30%, coberto de telhas de barro. Essas telhas, nos exemplos mais antigos, são do tipo capa e canal, fabricadas no local (como dizem os moradores: feitas nas coxas), exemplos mais recentes são cobertos de telhas francesas. Foram encontradas residências em bom estado em que o telhado original foi substituído telhas de fibrocimento. Os beirais são generosos projetando-se de 80 cm a um metro além da fachada. Não se constatou o uso de calhas.

4. CONCLUSÃO

Constatou-se que o município de Nova Friburgo possui um patrimônio edificado em arquitetura de terra, com especificidades técnicas que se remontam à colonização suíça.

Esse patrimônio está se deteriorando rapidamente em função do abandono e da perda da memória relativa às técnicas utilizadas tradicionalmente na arquitetura local.

O levantamento realizado nessa pesquisa visa um possível processo de tombamento, não só das edificações, mas também da tradição construtiva envolvida, enquanto patrimônio imaterial. Todas as edificações levantadas estão sendo lançadas em ficha própria que segue o modelo do Instituto Estadual do Patrimônio Cultural – INEPAC, instituição responsável pela preservação do patrimônio no estado do Rio de Janeiro, onde é colocada sua localização, segundo as coordenadas colhidas por um GPS e, sempre que possível, um breve relato dos moradores sobre a origem e sua relação com a casa.

As residências estão esparsas nas vertentes dos pequenos rios que são tributários do rio Macaé. Elas contam a história de um lugar que conseguiu manter vivas as suas tradições e peculiaridades. O ideal é que se constituíssem nos objetos centrais de um museu a céu aberto que se apresentasse enquanto um circuito cultural e turístico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alves, Débora Bendocchi (2011). Viagem de Ernst Hasenclever à Colônia Nova Friburgo em 1840. *Anais do XXVI Simpósio Nacional de História – ANPUH*. São Paulo. P. 1-13.

Brito, Luciana Sodrê Spitz. Família Spitz. Disponível em: familiaspitz.br.tripod.com/famliaspitz/id10.

Brito, Luciana S. Spitz. Lumiar: informações gerais. Disponível em: www.lumiar.net.br/informacoesgerais.

Nicoulin, Martin (1988). La genèse de Nova Friburgo. Fribourg: Éditions Universitaires.

Oliveira, Ronald Lopes de (2012). O processo de implantação do Luteranismo no Brasil: o caso da região de Nova Friburgo (1824 a 1857). *Anais do XV Encontro Regional de História da ANPUH*. Rio de Janeiro. P. 1-8.

Sanglard, G. (2013) De Nova Friburgo a Fribourg: através das letras: a colonização suíça vista pelos próprios imigrantes. *História, Ciências, Saúde*. Manguinhos, vol. 10(1): 173-202.

Witt, Marcos Antônio (2004). As Colônias de Nova Friburgo (RJ) e Torres (RS): Estudo comparativo – as variações dos usos e costumes ensinam. In: Clemente, Elvo. (org.) *Integração: história, cultura e ciência*. Porto Alegre: EDIPUCRS.

AUTORES

Werther Holzer: Graduado em Arquitetura e Urbanismo (UFF, 1984), mestre em Geografia (UFRJ, 1992) e doutor em Geografia (USP, 1998). Professor Associado III da Escola de Arquitetura e Urbanismo e do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal Fluminense. Atua principalmente nos seguintes temas: fenomenologia, lugar, paisagem, paisagismo e projeto urbano.

Alessandra Villar Damasceno. Aluna da graduação do curso de Arquitetura e Urbanismo da UFF. Bolsista CNPq/PIBIC no projeto de pesquisa Registro de Imagens da Paisagem Vernacular: casas de taipa e paisagens rurais dos distritos de Nova Friburgo – RJ.

Luisi Mendonça Fajardo. Aluna da graduação do curso de Arquitetura e Urbanismo da UFF. Bolsista CNPq/PIBIC no projeto de pesquisa Registro de Imagens da Paisagem Vernacular: casas de taipa e paisagens rurais dos distritos de Nova Friburgo – RJ.

Paula Couto Guimarães Carvalho. Aluna da graduação do curso de Arquitetura e Urbanismo da UFF. Bolsista CNPq/PIBIC no projeto de pesquisa Registro de Imagens da Paisagem Vernacular: casas de taipa e paisagens rurais dos distritos de Nova Friburgo – RJ.

**PAUTAS, LINEAMIENTOS, ESTRATEGIAS Y RECOMENDACIONES
Puesta en valor del patrimonio vernáculo andino. San Juan – Argentina****Juan Arturo Pereyra¹; Luis Alberto Orellano²; María Rosa Plana³**

IRPHA / FAUD / UNSJ. San Juan – Argentina.

¹arturoar2003@yahoo.com; ²luisorellano@gmail.com; ³planamariarosa@gmail.com**Palabras claves:** Conservación; Pautas; Estrategias; Recomendaciones; Nueva arquitectura**Resumen**

El artículo propone el respeto por valores culturales en un dialogo con lo existente y la conservación de un ambiente rural dentro de un paisaje cultural cordillerano. Además busca ser un aporte a nuestros administradores en su gestión y para legisladores, un insumo en su accionar legislativo al generar normas y acciones de protección ambiental, paisajística y preservación de la identidad del pueblo, puesta de manifiesto en sus expresiones, como lo es la arquitectura tradicional o vernácula.

En los valles precordilleranos del norte sanjuanino, capillas, viviendas, industrias y edificios singulares se consideran como patrimonio vernáculo andino. Para su valoración, como patrimonio vernáculo, se hace a partir del concepto de valor cultural, relacionando los aspectos histórico, estético, científico y social. Al valor cultural se suma el valor ambiental y sísmico, justificado estos por la ubicación geográfica de los bienes en aéreas rurales y en zonas de alto riesgo sísmico, aquí la cordillera de Los Andes, en el territorio sanjuanino, es la de mayor sismicidad de la Argentina.

En la estructura propuesta, estudio de la arquitectura vernácula, se analiza desde distintos aspectos a fin de definir las tipologías estructurales, funcionales, formales, y ambientales. La instancia tipológica juega un papel preponderante en la identificación de los bienes a conservar y permite delinear los futuros modos de intervención de los mismos.

La ponencia propone cuatro consideraciones a seguir para la puesta en valor del patrimonio vernáculo. Primera: Pautas de conservación del patrimonio vernáculo teniendo en cuenta posibilidades de desarrollo. Segunda: Lineamientos normativos desde los aspectos ambientales, funcionales, morfológicos y tecnológicos. Tercera: Estrategias para la conservación. Y cuarta: Recomendaciones referidas al diseño arquitectónico en nuevas construcciones de adobe.

1. INTRODUCCIÓN

Las ciudades americanas no deben perder de vista (...) su pasado histórico, su ambiente y sus costumbres, a fin de conservar caracteres propios que las vuelvan más evocativas, interesantes y distintivas unas de otras. El estudio histórico debe ser una de las bases para elaborar los planos de mejoramiento y extensión de las ciudades. (IV Congreso Panamericano Arquitectos, Brasil, 1930, Tartarini, 2013, s/p).

En su amplio territorio, Argentina posee una gran diversidad geográfica, climática y cultural que da como resultado idiosincrasias regionales con identidades propias. Es así que la provincia de San Juan de características desértica y con alto riesgo sísmico, ha soportado varios terremotos destructivos, uno de ellos en la ciudad capital, debió ser reconstruida luego del sismo de 1944 y de ese modo se constituyo, con su arquitectura funcionalista, en la más moderna del país. En oposición, los poblados en los valles cordilleranos, aún conservan los rasgos rurales de líneas italianizantes con aportes vernáculos e impregnados del ambiente circundante.

El departamento Iglesia, al noroeste de San Juan, tiene como límite al Oeste la Cordillera de Los Andes y al Este por la Precordillera.

El lenguaje arquitectónico en estos valles, en donde tradición, cultura e idiosincrasia se sintetiza en las construcciones de tierra cruda, proporcionando al lugar características únicas e irrepetibles. La arquitectura vernácula rural se adapta y da respuesta al medio a

través de su espacialidad, morfología y la utilización de materiales que brida el medio. La diversidad de bienes patrimoniales, valioso y rico, hace del territorio iglesiano, lugar propicio para trabajar en su defensa.



Figura 1 – Paisaje cultural en los valles cordillerano. Dpto Iglesia – San Juan. Argentina

Patrimonio, cultura y comunidad forman una trilogía inseparable y de interacciones constantes, en donde la comunidad en su rol de constructora y poseedora de un rico acervo cultural, debe ser especialmente considerada en la puesta en valor del hábitat iglesiano.

No siempre la comunidad o el hombre de esas sociedades reconocen o tiene conciencia de sus posesiones y sus valores. Los pobladores, desde un visión cultural - patrimonial, no comprenden el lugar donde viven, ni guardan una clara conciencia del valor de las tradiciones y costumbres heredadas de sus ancestros, pero sin embargo a lo largo de sus vidas van construyendo cotidianamente un entramado de vivencias y sentimientos, alimentado por los recuerdos y herencias recibidas. Estos pobladores generan un hábitat constituido por bienes materiales y por sentimientos que guardan en su memoria profunda y como tal, guía sus acciones en el presente. Este accionar construye un paisaje cultural en donde se conjuga ambiente y cultura.

Estos poblados no presentan monumentos arquitectónicos de reconocido valor nacional, sino un tejido de conjunto significativo como testimonio de su pasado y de la historia del norte sanjuanino, que es desconocido fuera de su medio y en estado de progresivo deterioro, tienen un valor de conjunto como testimonio histórico ambiental.

De pequeña dimensión, los poblados rurales, han pasado por distintos procesos históricos de esplendor y decadencia reflejados en sus trazados y arquitectura. En 1894 el “Gran Terremoto Argentino”, destruyó casi la totalidad de las construcciones del norte provincial y en su reconstrucción aun hoy se conserva los rasgos del siglo XIX, que no fueron afectados por los efectos destructores del terremoto de 1944.

Lo que no destruyó la naturaleza se ha conservado debido a la escasa renovación edilicia, motivada por el estancamiento económico, pero hoy, nuevos emprendimientos (mineros, turísticos y vial, corredor bioceánico entre Porto Alegre-Brasil y Coquimbo-Chile), provocarán cambios profundos, haciendo vulnerable su rico patrimonio cultural.

Para poder hacer la valoración del patrimonio vernáculo andino, es necesario partir del concepto de “valor cultural”, relacionando los aspectos histórico, estético, científico y social, mas el valor ambiental y sísmico, justificados estos últimos por su ubicación geográfica en zonas rurales y de alto riesgo sísmico al ser la de mayor sismicidad de la Argentina.

La arquitectura vernácula; viviendas, edificios y conjuntos relacionados con la actividad productiva (ganadería-tambo lechero, molino harinero y minera) y edificios singulares de uso público (capillas, oratorios, mercados y palomares); se analiza desde las tipologías estructurales, funcionales, formales, y ambientales. La instancia tipológica juega un papel preponderante en la identificación de los bienes a conservar y también recobrar aspectos de

diseño respetuosos de una identidad regional, permitiendo delinear los futuros modos de intervención a escala patrimonial, urbana o regional.



Figura 2 – Casona del principio del siglo XX. Construcción en adobe. Las Flores – Iglesia. San Juan Argentina

El análisis de lo autóctono, permite recuperar conocimientos de técnicas constructivas de la comunidad, rescatar tecnologías y soluciones constructivas a la vulnerabilidad sísmica.

La ponencia propone cuatro consideraciones a seguir para la puesta en valor del patrimonio vernáculo. Primera: Pautas de conservación del patrimonio vernáculo teniendo en cuenta posibilidades de desarrollo. Segunda: Lineamientos normativos desde los aspectos ambientales, funcionales, morfológicos y tecnológicos. Tercera: Estrategias para la conservación. Y finalmente: Recomendaciones referidas al diseño arquitectónico en nuevas construcciones de adobe, proponiendo el respeto a valores autóctonos y un dialogo con lo existente, posibilitando la conservación de un ambiente rural comprendido en un paisaje cultural cordillerano.

Las consideraciones buscan ser un aporte a los dirigentes comunales en la administración y gestión, y para los legisladores, un insumo en su accionar legislativo al generar normas y acciones de protección ambiental, paisajística y preservación de la identidad del pueblo, puesta de manifiesto en sus expresiones culturales. También argumentos para elaborar una agenda de gestión que involucre patrimonio cultural y turismo en la formulación de posibles normas y acciones sobre el territorio.

2. LAS PAUTAS

Permiten respetar, el equilibrio del ambiente, la capacidad de carga, preservación del paisaje natural y los sitios con valor patrimonial, las tipologías y sistemas constructivos existentes. Propician acciones de preservación y conservación de los edificios patrimoniales teniendo en cuenta posibilidades de desarrollo. Las pautas deberán respetar los siguientes ítems

→ Paisaje cultural

Que las intervenciones propuestas respeten el ambiente natural.

Que los cambios propuestos consideren la preservación del paisaje natural.

Que tiendan a conservar los recursos naturales

Que los productos turísticos que involucren el patrimonio natural consideren su capacidad de carga.

→ Urbano

Que respeten el equilibrio medio ambiental.

Que no introduzcan innovaciones en el espacio que estén en contradicción con el paisaje natural y cultural existente.

Que contribuyan a crear o respetar normativas referidas a uso del suelo para el área rural y de protección de la imagen rural.

Que protejan los sitios con valor patrimonial.

Que propicien acciones de conservación en los sitios con valor patrimonial.

→ **Edificio**

Que respeten las tipologías y sistemas constructivos existentes.

Que propicien acciones de preservación y conservación de los edificios patrimoniales

Que las intervenciones en el patrimonio arquitectónico sean respetuosas, cuidadosas y auténticas.

→ **Intangible**

Que respeten los significados de los pobladores.

Que mantengan la autenticidad de las técnicas que sustentan los bienes patrimoniales inmateriales.

Que los protagonistas y principales destinatarios de las acciones de puesta en valor de los bienes inmateriales sea la comunidad involucrada.

→ **Socio cultural educativo**

Que las estrategias sean aceptadas y consensuadas por los pobladores autóctonos y tradicionales.

Que en lo posible pueda participar toda la familia en la implementación de las estrategias.

Que respeten la idiosincrasia de los pobladores rurales.

Que tiendan a concienciar a la población sobre el valor de su patrimonio.

Que las actividades que se le asignen a la gente estén de acuerdo con sus conocimientos, destrezas y habilidades.

Las pautas guían en el accionar y ayudan a encontrar caminos alternativos para alcanzar metas exitosas, conducen a definir las estrategias en los aspectos del patrimonio natural, urbano, edificio, intangible y su relación con el ámbito socio educativo y turístico. Las pautas deben ser pensadas desde:

Diseño: Conservar los tipos esenciales, característicos y valiosos, Rescatar esta arquitectura y su valioso acervo cultural en sus aspectos morfológicos, funcionales, tecnológicos, ambientales para el diseño de nuevas construcciones.

Participación: Recuperar el conocimiento de las técnicas constructivas que poseen los pobladores locales, Concienciar los del valor de su patrimonio vernáculo y la importancia de su participación en la conservación.

Tecnología: Desarrollar propuestas tecnológicas que contemplen soluciones constructivas a la vulnerabilidad sísmica del patrimonio construido en tierra. Estudiar patologías y definir criterios teóricos de actuación para la preservación y puesta en valor de edificios en estado de abandono o muy deteriorados.

Gestión: Elaborar estrategias turísticas a partir de los recursos patrimoniales. Itinerarios turísticos. Turismo temático cultural y rural.

Proponen pautas para:

Rescatar la arquitectura vernácula en sus aspectos morfológicos, funcionales, tecnológicos, ambientales y culturales para el diseño de nuevas viviendas de interés social.

Conservar los tipos esenciales, característicos y valiosos, aun en pie, de nuestro patrimonio vernáculo, afianzando nuestra identidad cultural.

Concienciar a los usuarios y a la comunidad del valor de su patrimonio vernáculo y la importancia de su participación en la conservación.

La interacción indivisible de hombre - ambiente - cultura, nuestra identidad, constituye el patrimonio vernáculo y se expresa en manifestaciones culturales auténticas, es volver a las fuentes del pasado para recomenzar.

→ **Intervención del paisaje cultural**

Generar Paisajes biológicamente equilibrados siguiendo los lineamientos de un ordenamiento territorial.

Fortalecimiento de áreas existentes.

Creación y fortalecimiento de zonas recreativas.

Creación de senderos interpretativos. Recuperación de caminos para senderismo

Establecimiento de redes de conexión de sitios

Fomento de turismo aventura

Integración de los edificios con su entorno.

→ **Intervención urbana**

Preservar los patrones de ocupación del espacio, con sus tramas urbano rurales características, para mantener las condiciones de accesibilidad/ evacuabilidad de los centros poblados. Conservación del centros históricos.

Puesta en valor de los espacios públicos. Plazas, sitios, monumentos.

Puesta en valor de algunos tramos de calles y callejones.

La ampliación de las redes de infraestructura, en especial de la red vial, debe considerar las restricciones de localización.

Implementar planes, de tratamiento residuos sólidos y de efluentes a nivel general y particular de las viviendas, considerando las posibilidades que ofrece la permacultura y las opciones de compostaje reutilización, prevención, reciclaje, etc. para contribuir al cuidado del medio ambiente.

Potenciar la generación de energías alternativas con políticas a nivel local, particular y general del departamento.

Disponer una unidad capacitada ligada a los conceptos de sustentabilidad que regule y normalice el crecimiento rural mediante seguimiento y aprobación de acuerdo a la normativa que se establezca.

Generar un reglamento y normas sustentables para el desarrollo del departamento.

→ **Intervención arquitectónica**

Restauración de casonas de interés, conservando sus características originales.

Uso de las casonas de mayor interés arquitectónico y reconocimiento social para las funciones comunitarias y o turísticas.

Intervención del patrimonio arquitectónico con el uso de tecnologías apropiadas.

Implementar técnicas de construcción, aplicando los principios de arquitectura sustentable teniendo en cuenta la adaptabilidad proyectual sobre el terreno, y materiales para su integración paisajística

Reglamentación para regular nuevas construcciones: localización, alturas, proporciones, materiales, colores y texturas, teniendo en cuenta la tipología de la zona.

Sectorizar y limitar de construcciones prefabricadas.

Jerarquización de edificios importantes, mediante su puesta en valor.

Implementar planes de construcción habitacional teniendo en cuenta los condicionantes ambientales, culturales, y reglamentaciones, vigentes que incorporen la normalización del uso de la tierra cruda en la construcción.

Seguimiento técnico en la restauración, reciclaje y otras acciones de conservación en casos específicos, y en general, generar planes de acción a largo mediano y corto plazo para la conservación del patrimonio arquitectónico.

3. LOS LINEAMIENTOS

Guía normativa desde los aspectos ambientales, funcionales, morfológicos y tecnológicos. Proyectar y construir pensando en el uso de materiales naturales propios de la zona y con tecnologías apropiadas. Intervenir en las construcciones contemporáneas, con técnicas y materiales que mantengan un equilibrio de expresión, apariencia, textura y forma con la estructura original, reforzando las estructuras con tecnologías modernas o bien incorporando

los contrafuertes para mejorar la estabilidad de los muros. Los lineamientos deberán respetar los siguientes ítems.

→ **Lineamientos morfológicos**

Adecuar las nuevas edificaciones o las remodelaciones de las no tradicionales al carácter estético de la tipología y acabados tradicionales. Mantener la alineación y tamaño de aberturas, alturas y proporciones.

→ **Lineamientos funcionales**

Compatibilizar los nuevos usos (almacenes, hosterías cabañas, comercios, etc.) con la arquitectura tradicional de la zona.

→ **Lineamientos ambientales**

Elaboración de recomendaciones en la construcción de acuerdo al entorno. Respetar, apreciar y tener en cuenta la correcta percepción y dignidad de la escena o paisaje en las actuaciones nuevas. Mantener la parcelación rural y mantener las alineaciones históricas de la edificación. Conseguir buena relación con el entorno y el paisaje en el diseño arquitectónico. Respetar el modo de ocupación del sitio, la relación del edificio con la calle y la conformación del tejido rural. Orientar las construcciones teniendo encuesta el clima, generando espacios de transición. Aislar térmicamente aprovechando las características térmicas de los materiales. Usar energías no convencionales.

4. LAS ESTRATEGIAS

Arte de planear técnicas, conjunto de reglas o actividades destinadas a conseguir un objetivo o decisión óptima en cada momento.

Para asegurar el éxito de las tácticas es necesario verificar en la realidad su viabilidad respecto a la disponibilidad de recursos humanos, legales y económicos. En consecuencia es necesaria la participación comunitaria de líderes vecinales, representantes del municipio e instituciones intermedias. En lo relativo a los recursos económicos se deberán detectar organizaciones públicas y privadas adecuadas para solicitar financiamiento para llevar a cabo las propuestas. Los promotores del desarrollo será la comunidad con el apoyo de los técnicos, que deberán aportar desde la ciencia.

A continuación, se formulan algunas posibles medidas para preservar los bienes patrimoniales articulando la investigación con el desarrollo local. La población, autoridades y los especialistas deben darse las estrategias sobre el patrimonio material e inmaterial, normativas para su protección y desde la educación como llegar a las nuevas generaciones en la valoración de la herencia recibida y la posibilidad de generar un recurso económico a través del turismo. Las estrategias deberán respetar los siguientes ítems

→ **Intervención del patrimonio edificado**

Intervenir los bienes patrimoniales tangibles para su conservación. Rescatar la arquitectura vernácula en todos los usos. Rescatar los sistemas constructivos tradicionales.

→ **Intervención del patrimonio inmaterial**

Rescatar y revalorizar los bienes patrimoniales inmateriales. Aprovechar las costumbres y técnicas tradicionales para preparar y conservar productos alimenticios para difundir la gastronomía. Registrar una marca para las artesanías y productos alimenticios del departamento que represente calidad y autenticidad. Agrupar a los artesanos y crear una feria permanente de artesanos en un sitio dedicado a ese fin exclusivamente. Recrear las fiestas populares y religiosas que se realizan o que se realizaban en el pasado para rescatar este patrimonio cultural.

→ Normativa

Generar y adaptar normativas para la preservación del patrimonio natural y cultural. Elaborar un marco legal para salvaguardar el patrimonio del departamento, y las construcciones tradicionales de valor.

→ Educación

Conservar el patrimonio a través de la educación. Implementar talleres para el aprendizaje de las costumbres y tradiciones. Trabajar el tema patrimonial en los establecimientos escolares del departamento. Enseñar en las uniones vecinales las técnicas de albañilería para rescatar las tecnologías apropiadas de construcción, de telares e hilado de lana etc. Formar líderes comunitarios, comprometidos con la sociedad, para que se constituyan en gestores de proyectos patrimoniales a través de programas de concientización y educación desde el punto de vista patrimonial.

→ Turismo

Conservar el patrimonio a través del turismo. Mejorar la infraestructura y el equipamiento complementario para el turismo. Editar mapas y folletos turísticos del departamento y distribuirlos sistemáticamente. Incentivar el turismo cultural y ambiental. Determinar itinerarios culturales. Unir puntos concretos o virtuales que posean riqueza patrimonial. Promocionar los sitios donde se comercializan productos agropecuarios y artesanales a nivel turístico en ferias, centros, agencias, páginas web, folletos y otros medios. Promocionar la integración de nuestra provincia al turismo nacional. Para el turismo internacional, mejorar la calidad de los servicios turísticos. Crear una estructura organizativa con integrantes del sector público y privado, que serán los responsables de establecer prioridades y mantener la comunicación entre distintas zonas, regiones o departamentos turísticos. Generar estudios de mercado particularizados. Generar planes turísticos comprometidos con el patrimonio integral.

5. LAS RECOMENDACIONES

Aconsejar algo por calidad y digno de respeto, a alguien para bien suyo. En este caso son indicaciones referidas al diseño arquitectónico en nuevas construcciones de tierra, apuntado a la correcta ejecución del hecho arquitectónico. Las recomendaciones deberán respetar los siguientes ítems.

→ Diseño arquitectónico

Se debe procurar plantas simétricas con distribución balanceada de muros. La simetría de las plantas permite eliminar los efectos de torsión sísmica.

→ Estabilidad

Uso adecuado de contrafuertes para mejorar la estabilidad de los muros en los encuentros exteriores de los muros la longitud mínima debe ser igual al espesor de muro. En un muro largo, en el centro. La longitud total debe ser 3 espesores de muro. En vano de puerta o ventana. La longitud total del vano debe ser 3 espesores del muro como máximo.

→ Límites de altura y longitud de los muros

La altura de los muros debe ser ocho espesores del muro (espesor 0,40 m, altura: $0,40 \times 8 = 3,20$ m) y la longitud máxima de los muros diez espesores de muro (espesor 0,40 m, longitud: $0,40 \times 10 = 4,00$ m).

→ Tamaño de aberturas

Las puertas y ventanas pequeñas (no mayor de 1,20 m).

→ Ubicación de aberturas

Los vanos de puertas y ventanas deberán estar alejados por lo menos 1,20 m. de las esquinas o de lo contrario en el centro del muro.

→ Cubiertas

Los techos deben ser livianos, generalmente de rollizos de madera con caña, barro (espesor 0,07 m) y aislación hidrófuga.

→ Muros

Sea o no portante, el ancho mínimo de muro debe ser 0,40 m.

→ Cimientos y sobrecimientos

La profundidad mínima debe ser 0,40 m; ancho mínimo 0,40 m, o el que resulte en función de la tensión admisible del terreno de fundación. Los sobrecimiento tendrán como mínimo 0,20 m sobre el cimiento. Se deben construir de hormigón ciclópeo, con un mínimo de 160 kg de cemento/m³ de hormigón y un 30% de piedra bola ó albañilería de ladrillo, bloques de hormigón o piedra natural asentados con mortero 1:1/4:4 (cemento:cal:arena) y convenientemente trabados.

→ Viga superior de arriostramiento

Todos los muros en su coronamiento deben llevar encadenado formado por dos rollizos de 0,10 m de diámetro, o dos tirantes de 0,10 m x 0,10 m vinculados cada 70 cm mediante tirantillos de 2 cm x 5 cm de sección. En los cruces y encuentros de muros se empalmarán a media madera.

Es preferible usar el encadenado superior de hormigón armado de ancho igual al del muro y 15 cm de altura, con 4 barras de hierro del Ø10 mm y estribos del Ø 6 mm c/20 cm. La estructura del techo se vinculará adecuadamente a la viga superior de encadenado.

Los dinteles de aberturas de puertas y ventanas y las vigas de encadenado deben ser de hormigón armado.

→ Revoques

Los muros se deben revestir con revoques de mortero de barro con abundante paja o mortero de cemento, cal y arena, en el siguiente dosaje 1/4:1:5.

→ Pisos

El nivel de piso terminado será 10 cm por debajo del sobrecimiento, debiera respetarse en todos los casos para evitar la humedad en los muros. El solado podrán ser de cemento alisado, mosaicos calcáreos o ladrillo recocido.

6. CONCLUSION

La ponencia propone, conservar la arquitectura vernácula existente y en el caso de nuevas intervenciones edilicias, pautas, lineamientos, estrategias y recomendaciones que se ajustan y respetan el carácter rural de un paisaje cultural cordillerano. Ponderando valores culturales y en dialogo con lo existente en una actitud de conservación del patrimonio urbano – arquitectónico. Además, pretenden ser un aporte en la generación de normas y acciones para la protección del ambiente, el paisaje y la preservación de la identidad regional. Por lo tanto se puede hacer propia las conclusiones del III Congreso de Rehabilitación del Patrimonio Edificado (1996, Conclusiones-Actas), Granada, España.

Debemos insistir cada vez más en el valor social del patrimonio de nuestros pueblos y en los criterios de autenticidad, no solo del edificio en sí y de sus valores arquitectónicos, tipológicos, estructurales, sino también en el mensaje cultural que estos emiten y que es parte indisoluble de su autenticidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Tartarini, Jorge (2013). Para poder recordar¹. In: *Página12, suplemento m²*, 7 de diciembre de 2013. Disponible en: <http://www.pagina12.com.ar/diario/suplementos/m2/10-2640-2013-12-07.html>

NOTAS

¹ Las citas, en el artículo 'Para poder recordar', pertenecen a la publicación R. Gutiérrez, R.; J. Tartarini, J.; R. Stagno, R. (2007). Congresos Panamericanos de Arquitectos, 1920-2000. Aportes para su historia. Buenos Aires: Cedodal/FPAA.

AUTORES

Juan Arturo Pereyra. Arquitecto. Docente de la Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño, de la Universidad Nacional de San Juan, Profesor adjunto a cargo en las cátedras de Construcción con Tierra, Diseño Bioclimático e Instalaciones II, Investigador del Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat en la temática tecnologías apropiadas para zonas áridas.

Luis Alberto Orellano. Arquitecto. Investigador del Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat. IRPha / FAUD / UNSJ. Docente. FAUD/UNSJ y CENT N° 18 - Cátedra Electiva Patrimonio Turismo Ambiente, Seminario Ecología y Diseño y Cátedra Arquitectura Solar I. Asesor Honorario la Comisión Nacional de Museos y de Monumentos y Lugares Históricos. Miembro representante de la UNSJ ante el Consejo Provincial de Patrimonio Cultural y Natural.

María Rosa Plana. Doctora. Arquitecta. Doctor of Science, Major in Architecture. Atlantic Internacional Universit. Hawaii. Master en Conservación, del Patrimonio Edificado. CICOP. Argentina. Investigador Docente Extensionista de la Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño. Universidad Nacional de San Juan. Delegada en San Juan, Comisión Nacional de Museos de Monumentos y Lugares Históricos, de la Nación.

RESTAURACION DEL PATRIMONIO RELIGIOSO RURAL. IGLESIA, SAN JUAN**Ana Valeria Pochi¹; María Rosa Plana²; Luisa Mattioli³; Eliana Gabriela Testa⁴**

I.R.P.Ha., Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat - F.A.U.D., Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño - U.N.S.J.,
Universidad Nacional de San Juan. Av. Ignacio de la Roza 590 (O) - C.U.I.M., Complejo Universitario Islas Malvinas - Rivadavia, San
Juan, Argentina. Tel: 54 264 4232395

¹anapochi@live.com.ar; ²planamariarosa@gmail.com; ³luisafaud@gmail.com; ⁴elianatesta@yahoo.com.ar

Palabras claves: Restauración, Patrimonio rural, Tecnologías de tierra

Resumen

Los edificios religiosos con valor histórico y patrimonial del departamento Iglesia en la provincia de San Juan, datan de fines de 1800; en su mayoría han sido construidos con sistemas constructivos en tierra cruda. Presentan deterioros producidos por el clima, los sismos, las acciones del hombre, y el escaso mantenimiento e inadecuadas intervenciones de restauración.

La arquitectura vernácula de tierra que caracteriza a esta zona rural se adapta espontáneamente y da respuesta al medio a través de su morfología, relaciones constructivas y la utilización de materiales autóctonos, como el adobe, la tapia, la madera de álamo y la caña.

La conservación de estos bienes implican criterios específicos que apuntan a mantener la autenticidad e integridad de la obra. Si bien cada monumento presenta problemáticas particulares, en relación a su historia, a su significado en el entorno, a las intervenciones que ha sufrido, a los componentes materiales y las patologías que los afectan, existen criterios generales que tutelan la actividad.

Estos criterios, expresados en las 'Cartas de Restauro', tienen el propósito de normalizar los trabajos sobre el patrimonio histórico, el empleo de materiales compatibles, las intervenciones que afecten lo menos posible la originalidad de los edificios.

La selección de los edificios religiosos, se realiza mediante la valoración histórica, social, científica, estética y ambiental, el grado de conservación y su tecnología constructiva.

Se toman casos a los cuales se les realiza un relevamiento patrimonial, un informe patológico (paso ineludible para cualquier acción de restauración) y el diagnóstico, finalizado esto se proponen alternativas de intervención.

Se trata de utilizar técnicas centenarias para obtener las texturas y terminaciones, buscando una imagen similar a la original acorde con el patrimonio vernáculo construido, que garantice su durabilidad, estableciendo pautas que contribuyan a lograr edificios más adaptados a las condiciones ambientales locales.

1. INTRODUCCIÓN

La casa de Dios desde el principio de su soledad cósmica, el hombre ha sentido la profunda necesidad de seres protectores a quienes deben realizar sacrificios y ofrendas apaciguadoras. Cuando el dios tomaba cuerpo en una imagen, requería inmediatamente un espacio propio, un techo que lo albergaba y un altar para su adoración. Y el hombre que carecía de una imagen distinta a aquella a que estaba acostumbrado construye la casa de dios a imagen de la suya. En muchos casos la única diferencia entre el templo y la casa radica en que aquel es más grande, está aislado y ha sido trabajado con mayor esmero y dedicación.

Arq. Eduardo Sacriste

La restauración y su significado junto con las culturas a evolucionado a través de los tiempos, a partir de mediados del siglo XIX, se debatieron y se expresaron sobre la conservación del patrimonio construido, traduciendo y manifestando tal actitud conservativa en distintas posturas teóricas en la restauración.

Ruskin hacia mediados del siglo XIX en las escuelas inglesas plasma sus ideas donde plantea dejar las ruinas tal cual habían quedado. Prescribiendo todo tipo de intervención considerando al edificio como un ente vivo que transmite en sus ruinas un lazo de comunicación, historia y sentimiento con la comunidad.

Viollet le Duc en la misma época que Ruskin desarrolló una verdadera teoría sobre la restauración, el opinaba que había que intervenir fuertemente en la obra, volver a su estado original, recuperando su apariencia original.

Camilo Boito con sus postulados se destaca en la primera mitad del siglo XX, sus ideas tienen el gran valor de aproximarse a una restauración científica, limitando la intervención a lo estrictamente necesario, diferenciando lo realizado en la actualidad de lo original.

Cesare Brandi aportó una nueva visión al problema de la restauración del patrimonio a mediados del siglo XX, no solamente del construido, sino que se refiere al patrimonio cultural tangible. Introduciendo el concepto de restauración preventiva. Donde se plantea que la restauración se debe limitar a hacer que la consistencia física permanezca lo más intacta posible a lo largo del tiempo. Sin embargo hay que tener en cuenta que la materia y la imagen no están separadas, sino que coexisten en la obra; aun así una parte de estos medios físicos no están tan íntimamente relacionados con la transmisión de la imagen, y servirán de soporte a los que si la están, aunque todos sean necesarios para la subsistencia de la imagen, pero si, por alguna razón, hay que sacrificar parte de la materia, habrá que hacerlo según la instancia estética, ya que es la que hace singular a la obra de arte, es decir, es legítimo sacrificar parte del soporte si así sale beneficiada la imagen. También es importante tener en cuenta la instancia histórica, en su doble vertiente: el momento en que la obra de arte fue creada y el tiempo y lugar en que se encuentra ahora, pasando por numerosos presentes históricos intermedios, que seguramente habrán dejado alguna huella en la obra.

“La restauración debe dirigirse a restablecimiento de la unidad potencial de la obra de arte, siempre que esto sea posible sin cometer falsificación histórica y sin borrar huella alguna del transcurso de la obra de arte a través del tiempo” (Brandi, 1995, p.17)

Restaurar viene del latín *restaurare*: restablecer, reparar. Según el diccionario, restaurar significa recuperar o recobrar; reparar, renovar o volver a poner una cosa en aquel estado o estimación que antes tenía.

La restauración es una operación especial de conservación que se realiza físicamente sobre el objeto cultural, destinada a salvaguardarlo, mantenerlo y prolongar su permanencia para transmitirlo al futuro. Es un acto crítico que implica actuar sobre la estructura material, compositiva y técnico constructiva del bien afectado o degradado.

2. MARCO REFERENCIAL

El departamento Iglesia en la provincia de San Juan, se encuentra ubicado en el extremo noroeste de la ciudad capital, donde predomina un ambiente cordillerano, serrano y de féculos valles agrícolas. Este pueblo surgió espontáneamente en el encuentro de los caminos que van desde Calingasta y San Juan hacia el paso de Agua Negra y Chile. Es núcleo de un oasis desarrollado a lo largo del arroyo Iglesia. La geografía del departamento está representada por la Cordillera de los Andes, al oeste, el sector de cordillera frontal, y precordillera, al este. Ambos separados por una depresión el Valle de Iglesia. En los poblados se muestran la vigencia de antiguas técnicas de construcción, el uso de materiales locales y la persistencia de costumbres rurales.

El clima es de tipo árido de montaña, caracterizándose por los inviernos muy fríos, y veranos frescos, con escasez de lluvias en verano y temporadas de sequías en invierno.

En el departamento Iglesia los asentamientos humanos están localizados en el conjunto de pequeños valles con características generales similares, que se extienden a lo largo del valle comprendido entre la Cordillera Frontal y la Precordillera y son las poblaciones de Angualasto, Buena Esperanza, Tudcum, Rodeo, Colola, Pismanta, Las Flores, Campanario,

Zonda, Villa Iglesia y Bella Vista. Más dispersas se encuentran otras pequeñas como Colangüil, Guañizuil, Maipiriqui, Malimán, El Chinguillo, La Chigua, y Tocota.

La característica de valles intermontanos genera un marco imponente de montañas que potencia la magnificencia del paisaje natural caracterizado también por el azul intenso del cielo.

Los principales centros poblados son: Rodeo, capital del departamento, Las Flores, Tudcum, Villa Iglesia, Bella Vista y Angualasto. Todos se encuentran en estrecha dependencia con la villa cabecera (figura 1).

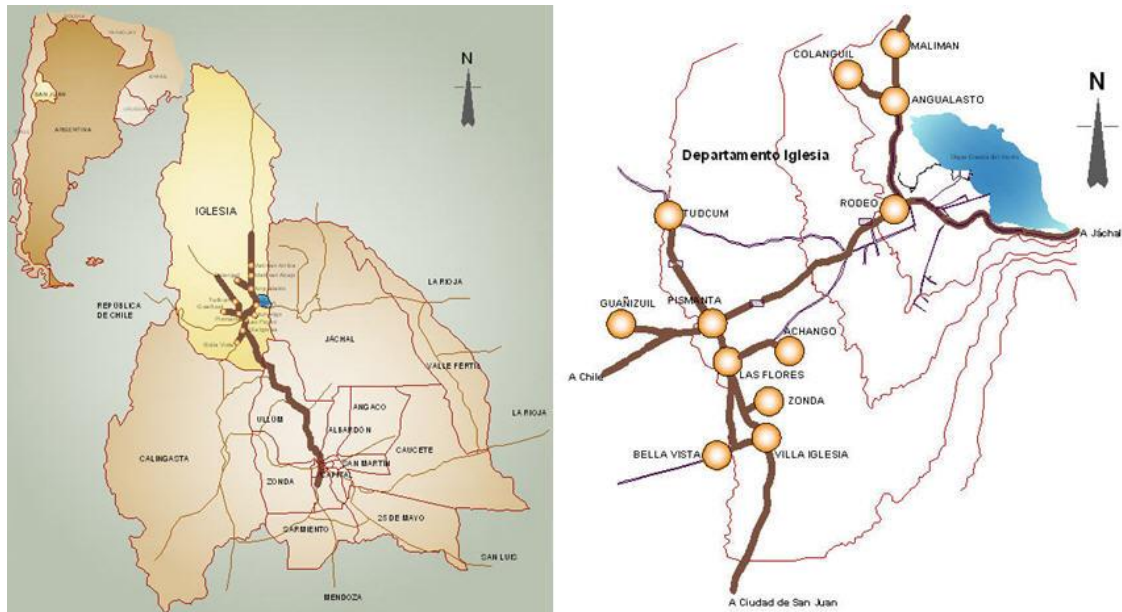


Figura 1. Ubicación Provincia de San Juan y Departamento Iglesia con sus poblados

3. EXPERIENCIA PRÁCTICA DE RESTAURACIÓN

3.1 Capillas

Son monumentos de carácter modesto, que datan de finales del siglo XIX, relacionados con los modos de vida. Son aquellas que son referencia de concentración de las comunidades, que poseen grandes significaciones para los pobladores por los sentimientos arraigados en su fe y sus fiestas populares. La arquitectura vernácula de tierra que caracteriza a esta zona rural se adapta espontáneamente y da respuesta al medio a través de su morfología, relaciones constructivas y la utilización de materiales autóctonos, como el adobe, la tapia, la madera de álamo y la caña. Éstas perduran significativamente en la tradición iglesiana local, poseen niveles de autenticidad altos, características arquitectónicas propias e integración en el conjunto, representando de las actividades de las comunidades.

3.2 Selección y valoración

El patrimonio es valioso cuando caracteriza al paisaje e identifica a los poblados rurales. Interactuar con los bienes patrimoniales identificados y valorados permite conocer como se vivía dando lugar a una reflexión sobre las consecuencias económicas, sociales, culturales del devenir histórico de Iglesia y ello posibilita proponer acciones de preservación para dicho patrimonio. Se tiene la certeza que para entender la historia se debe partir del conocimiento y la defensa del patrimonio que identifica a las comunidades del departamento. Por tal motivo la selección de los bienes patrimoniales religiosos significativos de la cultura de las comunidades del Departamento Iglesia, se realizó mediante la valoración histórica, científica, estética y ambiental, la participación social, el grado de conservación y su tecnología constructiva. Este procedimiento se efectuó por medio de fichas de relevamiento donde se volcaron los datos pertinentes, para luego efectuar una grilla síntesis de selección para analizar las que poseen mayor valoración y sus vulnerabilidades (figura 2).





	ESTADO DE CONSERVACIÓN		MATERIALIDAD		PATOLOGÍAS			
	Bueno	3		Mampostería	Adobe	Leve		X
	Regular	2	X	Carpintería	Madera	Grave		
	Malo	1		Cubierta	Torta de Barro	Recuperable		X
						No Recuperable		
	PARTICIPACIÓN SOCIAL		VALORACIÓN PATRIMONIAL			Escaso 1		CONSERVACIÓN
	Alta	3	X	Valor Histórico	2	Valor Ambiental	3	Restauración Puesta en valor
Media	2		Valor Científico	2				
Baja	1		Valor Social	3	Total	10		
	ESTADO DE CONSERVACIÓN		MATERIALIDAD		PATOLOGÍAS			
	Bueno	3		Mampostería	Adobe	Leve		X
	Regular	2	X	Carpintería	Madera	Grave		
	Malo	1		Cubierta	Torta de Barro	Recuperable		X
						No Recuperable		
	PARTICIPACIÓN SOCIAL		VALORACIÓN PATRIMONIAL			Escaso 1		CONSERVACIÓN
	Alta	3	X	Valor Histórico	3	Valor Ambiental	3	Restauración Puesta en valor
Media	2		Valor Científico	2				
Baja	1		Valor Social	3	Total	11		
	ESTADO DE CONSERVACIÓN		MATERIALIDAD		PATOLOGÍAS			
	Bueno	3		Mampostería	Adobe	Leve		X
	Regular	2	X	Carpintería	Madera	Grave		
	Malo	1		Cubierta	Torta de Barro	Recuperable		X
						No Recuperable		
	PARTICIPACIÓN SOCIAL		VALORACIÓN PATRIMONIAL			Escaso 1		CONSERVACIÓN
	Alta	3	X	Valor Histórico	3	Valor Ambiental	2	Restauración Puesta en valor
Media	2		Valor Científico	2				
Baja	1		Valor Social	3	Total	10		
	ESTADO DE CONSERVACIÓN		MATERIALIDAD		PATOLOGÍAS			
	Bueno	3	X	Mampostería	Adobe	Leve		X
	Regular	2		Carpintería	Madera	Grave		
	Malo	1		Cubierta	Metálica	Recuperable		X
						No Recuperable		
	PARTICIPACIÓN SOCIAL		VALORACIÓN PATRIMONIAL			Escaso 1		CONSERVACIÓN
	Alta	3	X	Valor Histórico	1	Valor Ambiental	2	Restauración Puesta en valor
Media	2		Valor Científico	1				
Baja	1		Valor Social	3	Total	7	Refacción	

Figura 2. Grilla síntesis de selección y valoración

3.3 Relevamiento patrimonial y patológico

Se realizó el relevamiento de campo de las capillas seleccionadas, teniendo en cuenta su historia y contexto volcando estos datos en planillas confeccionadas detallando materiales, estado de conservación, plantas, cortes y vistas. Conociendo la técnica y tecnología empleada en las distintas épocas constructivas. Realizando una comparación con la documentación histórica y la evolución del edificio, teniendo en cuenta las variaciones técnicas en el tiempo y sus modificaciones.

En el análisis de las patologías existentes en las edificaciones se utilizaron fichas de desajustes volcando los daños tanto en el relevamiento fotográfico como en los planos, evaluando la situación constructiva de las edificaciones.

En este estudio se diagnosticó el estado estructural de las construcciones, sus vulnerabilidades evaluándose su estabilidad e identificándose las partes cuyos elementos estructurales debieron ser reforzados, consolidados o sustituidos.

Las patologías más frecuentes encontradas en las capillas fueron las producidas por la humedad siendo la responsable de la mayoría de las ruinas, tanto del deterioro por la filtración de agua que penetra en las cubiertas, del desgaste producido por la capilaridad de la misma erosionando el material. Otras vulnerabilidades encontradas en las edificaciones fueron las intervenciones incorrectas utilizadas para disminuirlas que en muchos casos las colocaron en riesgo, como la apertura de vanos en lugares incorrectos o la utilización de materiales no compatibles con la tierra, sobre todo en la zona del departamento Iglesia que posee peligrosidad sísmica.

3.4 Propuestas de intervención

En este paso para la toma de decisiones de las posibles soluciones se deben partir de las diferentes posturas y criterios para realizar una adecuada intervención teniendo en cuenta las ventajas y desventajas de los distintos sistemas constructivos y materiales a utilizar. Con técnicas constructivas apropiadas al patrimonio vernáculo y sus características tecnológicas.

Desde un posicionamiento que busque conservar al patrimonio desde su esencia, su historia, su estructura social y las experiencias subjetivas que lo hacen único y auténtico.

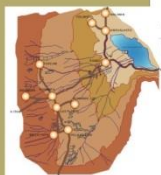
Las acciones de restauración (a realizar en los edificios seleccionados) para disminuir sus vulnerabilidades son de reparar o reemplazo de las partes perjudicadas, y consolidación estructural con materiales y sistemas constructivos apropiados. Sin perder la autenticidad e identidad que le otorgan su valor.

Ejemplo de caso: Capilla Inmaculada Concepción - Localidad Villa Iglesia

La Capilla Inmaculada Concepción perteneciente a la localidad de Villa Iglesia se presenta como caso para explicar la metodología antes detallada. Se seleccionó como ejemplo para mostrar la propuesta de intervención por ser muy significativa de la cultura de la comunidad, ya que mediante la valoración histórica, científica, ambiental, la participación social, el grado de conservación, su tecnología constructiva y su autenticidad es una de las que posee mayor valor (figura 3, 4 y 5),


RELEVAMIENTO PATRIMONIAL
"INMACULADA CONCEPCIÓN"

UBICACIÓN



INFORMACIÓN HISTÓRICA

De tipología colonial muy temprana, apreciable en toda la arquitectura religiosa de la zona, presenta un ámbito único rectangular y de techo apuntado que constituye la nave, a la cual se adosa una torre campanario, en este caso a la derecha. La fachada es de carácter neoclásico por el énfasis con que se subraya el frontón, esta particularidad se debe a la presencia de la mano italiana a finales del siglo XIX y principio del XX, que construyó el edificio después del terremoto del 27 de octubre de 1894. Lo importante a destacar en su construcción, es su techo apuntado, realizado con madera del lugar, en las cabriadas, las huellas de la herramienta utilizada para escuadrar los elementos que componen la misma, el hacha. El altar, un retablo de madera, ha pertenecido algún templo de la ciudad de San Juan que sufrió el terremoto de 1944.





FACHADA PRINCIPAL

CORTE

FACHADA LATERAL

Estilo:	Colonial
Uso actual:	Capilla
Uso Original:	Capilla

VALORACIÓN PATRIMONIAL				
	ALTA	MEDIA	BAJA	NULA
HISTÓRICA	X			
AMBIENTE	X			
CIENTÍFICA		X		
SOCIAL	X			
ESTÉTICA	X			
VALOR: A RESTAURAR				

DIAGNÓSTICO DE CONSERVACIÓN			
MATERIALIDAD	BUENO	REGULAR	MAL
ADOBE		X	
CUBIERTA		X	
CARPINTERÍA	X		
PATOLOGÍAS	LEVE		X
	GRAVE		

OBSERVACIONES

CAPILLA CON GRANDES POSIBILIDADES PARA SU RESTAURACIÓN Y PUESTA EN VALOR.

Figura 3. Ficha relevamiento patrimonial, Capilla Inmaculada Concepción

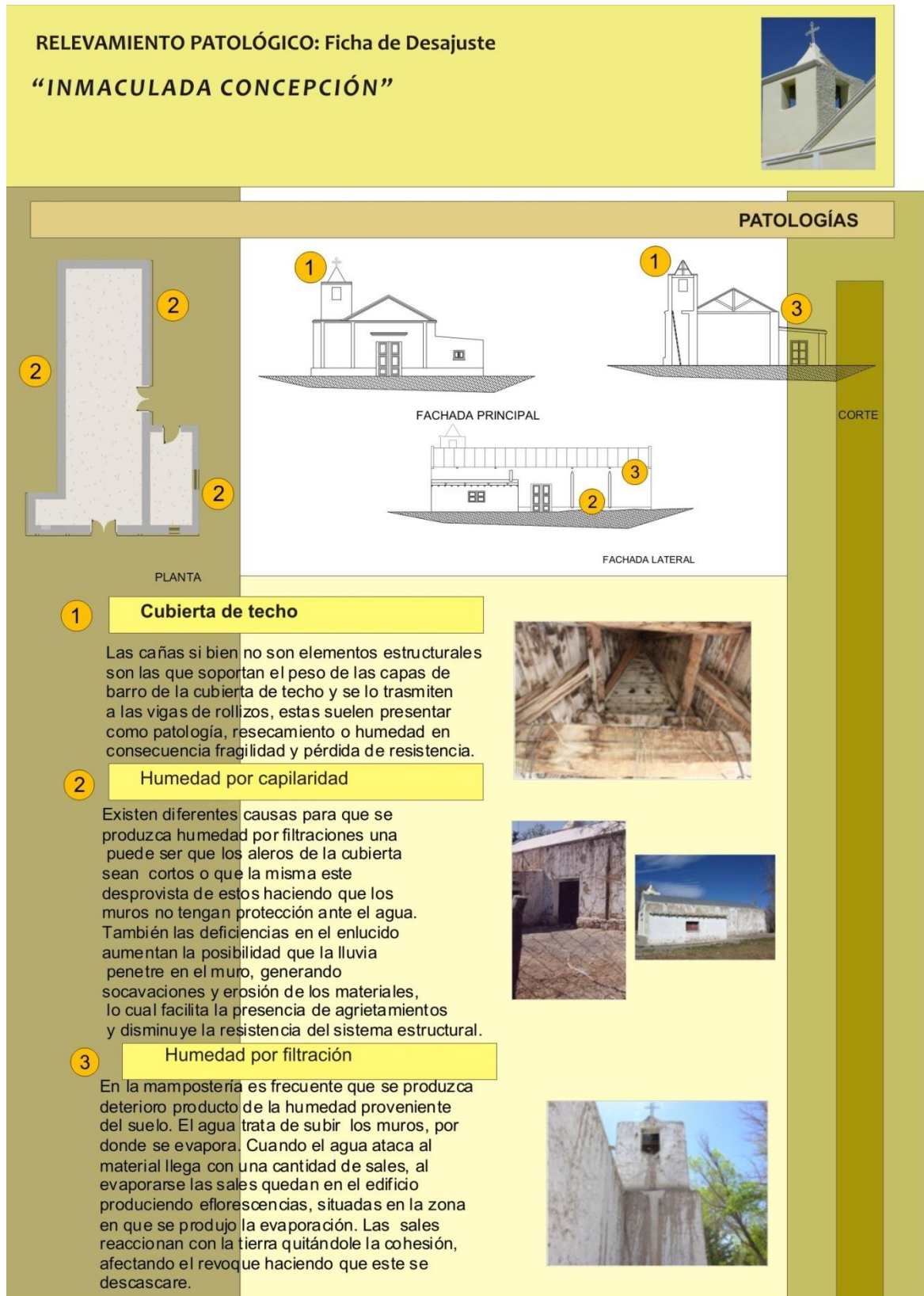



Figura 4. Ficha de desajuste Capilla Inmaculada Concepción

PROPUESTAS DE INTERVENCIÓN

“CAPILLA INMACULADA CONCEPCIÓN”





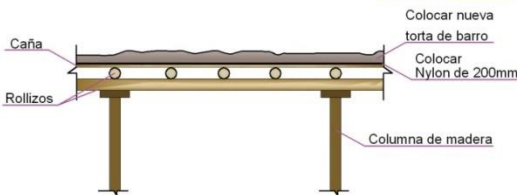


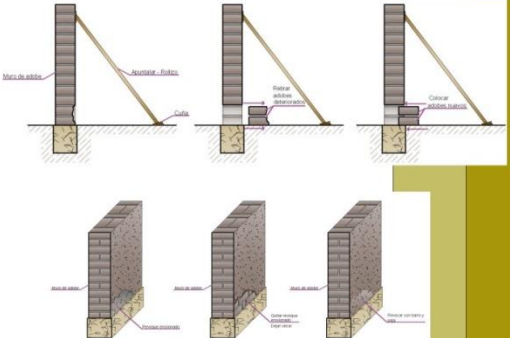

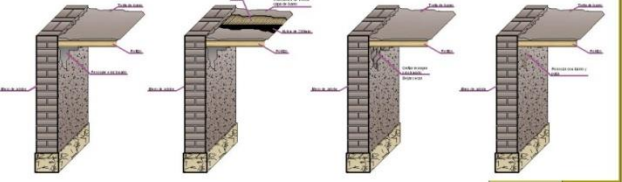
PATOLOGÍAS	POSIBLES SOLUCIONES
<p style="text-align: center; background-color: #ffff00; border: 1px solid #ccc; border-radius: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto; padding: 5px;">1</p> <p style="text-align: center; background-color: #ffff00; border: 1px solid #ccc; border-radius: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto; padding: 5px;">Cubierta de techo</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;">   </div>	
<p style="text-align: center; background-color: #ffff00; border: 1px solid #ccc; border-radius: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto; padding: 5px;">2</p> <p style="text-align: center; background-color: #ffff00; border: 1px solid #ccc; border-radius: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto; padding: 5px;">Humedad por capilaridad</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;">   </div>	
<p style="text-align: center; background-color: #ffff00; border: 1px solid #ccc; border-radius: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto; padding: 5px;">3</p> <p style="text-align: center; background-color: #ffff00; border: 1px solid #ccc; border-radius: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto; padding: 5px;">Humedad por filtración</p> <div style="margin-top: 10px;">  </div>	

Figura 5. Ficha de propuestas de intervención, Capilla Inmaculada Concepción

4. RESULTADOS

Al analizar la evolución de los sistemas constructivos realizados en tierra, (respecto a la acción del tiempo, del clima y también del hombre), las patologías detectadas han llevado en muchos casos al deterioro parcial o total de las edificaciones. En el caso de las capillas seleccionadas y analizadas los deterioros más comunes fueron los provocados por la humedad, tanto la ascensión por capilaridad como la filtración por las cubiertas, provocando deterioros y erosión en la mampostería, haciéndolas cada vez más débiles estructuralmente. La filtración en la mayoría de los casos se da porque no presentan aleros alrededor o porque los enlucidos no son adecuados. En algunos ejemplos hay presencia de grietas y fisuras que por lo general son provocadas por posteriores intervenciones realizadas erróneamente como la apertura de nuevos vanos en paredes donde no corresponde o la mala elección de materiales que no son compatibles con la tierra para arreglar algún desperfecto, lo cual lo realizan por falta de conocimiento. Por estas razones los criterios de restauración que se propusieron en este trabajo están acorde con el patrimonio vernáculo construido respetando la identidad y autenticidad en las soluciones constructivas, utilizando materiales y técnicas (como el agregado de paja en la mezcla de los adobes confiriéndole más cohesión) similares al de estas edificaciones. Esto favorece en lo económico a la comunidad ya que son materiales que tienen a su alcance y conocen muy bien. Como así también las propuestas elaboradas para solucionar los problemas detectados son de fácil aprendizaje para que las puedan realizar ellos por sus propios medios.

Las intervenciones propuestas, en este trabajo, de los edificios patrimoniales de tierra de estas comunidades intentan realizar la integración de lo local, el sentimiento de pertenencia y sus técnicas valorando la inserción en la cultura perteneciente, favoreciendo a la comunidad desde su conservación y mantenimiento, respetando sus costumbres y su cultura que son el soporte de las sociedades.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Brandi, C. (1995) *Teoría de la restauración*. Madrid: Ediciones Alianza.

Cejudo Ramos, S. (2006) Rehabilitar el patrimonio arquitectónico. Nociones históricas sobre un conflicto permanente. Cuadernos de los Amigos de los Museos de Osuna. Recuperado: [file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/Dialnet-RehabilitarEIPatrimonioArquitectonico-2885247%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/Dialnet-RehabilitarEIPatrimonioArquitectonico-2885247%20(1).pdf)

Gnemmi, H. (2004) *Aproximaciones a una teoría, conservación del patrimonio construido*. Córdoba. Ed. Brujas.

Montiel Álvarez, T. John Ruskin vs Viollet le Duc. Conservación vs Restauración. ArtyHum, Revista de Artes y Humanidades. Recuperado: http://www.academia.edu/7845080/John_Ruskin_vs_Viollet_le_Duc._Conservacion_vs_Restauracion

AUTORES

Ana Valeria Pochi Dorazio, Arquitecta, Becaria Doctoral CONICET Tipo I (2013/16). Doctorando: Doctorado Arquitectura y Urbanismo, F.A.U.D. - U.N.S.J. JTP Adscripta: Proyectos de investigación. I.R.P.Ha., F.A.U.D., U.N.S.J. JTP Adscripta: Cátedra: Teoría, Historia y Crítica Arquitectónica IV (2013/14), Protección del Patrimonio Urbano y Arquitectónico (2009/10/11) F.A.U.D., U.N.S.J. Becas obtenidas de investigación (CICYTCA) UNSJ Iniciación (2009/11) y Perfeccionamiento (2011/13).

María Rosa Plana, Dra. Arquitecta. Investigadora. Directora de Proyectos, IRPHA (Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat). FAUD, UNSJ. Profesor de Teoría Historia y Crítica Arquitectónica IV y Protección del patrimonio arquitectónico y Urbano, FAUD, UNSJ. Delegada en la Provincia de San Juan de la CNMMLH, Secretaría de Cultura. Presidencia de Nación.

Luisa Mattioli, Arquitecta, Becaria Doctoral CONICET tipo II (2010/15). En proceso de finalización de Tesis doctoral del Doctorado en Arquitectura y Urbanismo de la FAUD-UNSJ. Docente JTP

Asignatura: Morfología II (2006/15). Investigadora del IRPHa. Becas obtenidas de investigación (CICYTCA) UNSJ estudiante Avanzado (2007) e Iniciación (2008/10). Distinción 2° Escolta de la bandera (2006/07). Docente JTP Adscripto en Asignaturas: Protección del Patrimonio Urbano y Arquitectónico, y Programación Visual de espacios verdes (2006-2010).

Eliana Testa, Arquitecta, Becaria Doctoral CONICET Tipo I (2012/15). Doctorando: Doctorado Arquitectura y Urbanismo, F.A.U.D. - U.N.S.J. Docente JTP: Teoría Historia y Crítica Arquitectónica III. Becas obtenidas de investigación (CICYTCA) Iniciación (2009/11) y Perfeccionamiento (2011/13). JTP Adscripta: Proyectos de investigación. I.R.P.Ha., F.A.U.D., U.N.S.J. Becas obtenidas de investigación (CICYTCA) UNSJ Estudiante Avanzado (2008).

CAPELA DE NOSSA SENHORA DA CONCEIÇÃO DE DOUTOR: DO TRAÇO COLONIAL AS INTERVENÇÕES POSTERIORES, UM EXEMPLAR EDIFICADO DA CONTINUIDADE HISTÓRICA**Fernanda dos Santos Silva¹; Joicidele Pedrosa²; Julia Isenschmid³; Tatiana Paiva⁴**

Instituto Federal de Minas Gerais, Ouro Preto, MG

¹sfernanda.sts@gmail.com, ²joicidelepedrosa@yahoo.com.br, ³julia_isenschmid@hotmail.com, ⁴tatipxr@yahoo.com.br.**Palavras-chave:** Conservação, Patrimônio, Memória.**Resumo**

O artigo refere-se ao levantamento arquitetônico da Capela de Nossa Senhora da Conceição, localizada no subdistrito Doutor Rocha Lagoa, em Ouro Preto, Minas Gerais. Trata-se de uma edificação referencial para a memória da comunidade local uma vez que sua história data, segundo relatos, do fim do século XVIII. Por apresentar uma reconstrução de parte da edificação, datada do século XX, e intervenções sucessivas, questões relacionadas ao zelo para com o patrimônio são levantadas. Assim é de fundamental importância que se registre sua tipologia, característica das capelas mineiras, e a sua relevância no cenário do patrimônio mineiro, estimulando seu uso e conservação. Ouro Preto destaca-se como guardião de um vasto patrimônio edificado, mas seus distritos e subdistritos, por não estarem no perímetro de tombamento do IPHAN, ainda se encontram em situação de vulnerabilidade quanto a sua conservação e preservação. É necessário que estudos contemplem esses espaços que são, também, referenciais da história e da memória coletiva.

1. CAPELA ENTRE BANANEIRAS

Na minha cidade, nos domingos de tarde /As pessoas se põem na sombra com faca e laranjas. /Tomam a fresca e riem do rapaz de bicicleta, /a campainha desatada, o aro enfeitado de laranjas: /'Eh bobagem' /Daqui a muito progresso tecno-ilógico, /Quando for impossível detectar o domingo /Pelo sumo das laranjas no ar e bicicletas, /Em meu país de memória e sentimento, /Basta fechar os olhos: /É domingo, é domingo, é domingo. (Prado, 1976, p.18).

Com invocação a Nossa Senhora da Conceição, a capela do subdistrito de Doutor, em Ouro Preto – Minas Gerais, mesmo com suas alterações é ainda símbolo chave na formação da identidade de seus moradores e importante veículo de manutenção das manifestações coletivas (Figura 1).

As mudanças do progresso cedo ou tarde chegam e alteram as paisagens culturais. Já não há edificações coloniais autênticas para além dos traços, no povoado de Doutor, mas ao fechar os olhos ainda se pode sentir o valor de certas edificações ou manifestações locais. Pode-se sentir o sumo das laranjas, ou das goiabadas como lhe cair melhor. A vida rural de Doutor resiste ao progresso tecnológico e proporciona a manutenção de certos valores e tradições. Na contramão dessas permanências, a dinâmica impressa pela continuidade histórica está presente nas transformações do povoado. Através da análise estilística da Capela de Doutor, pode-se identificar alguns desses diferentes momentos e refletir sobre o valor e as práticas de zelo com o patrimônio.



Figura 1 – Capela de Nossa Senhora da Conceição. Fonte: Fernanda Silva

2. POVOADO DE DOUTOR: HISTÓRIA, VIDA E VIVÊNCIA

Doutor Rocha Lagoa é o nome oficial do antigo povoado, situado aos pés da Serra da Cachoeira, pouco distante do Rancho de José Henriques. Não foi encontrado até o momento documentos elucidativos quanto ao antigo topônimo do local, que, com certeza, não é este (dado pelo Poder Público em homenagem ao famoso político). Os mais velhos do lugar argumentam que o nome antigo já era, desde longa data, Doutor, sendo o aditivo Rocha Lagoa uma alteração posterior. Outro nome que se aventa é Pomba, encontrado em alguns manuscritos antigos. Outra versão diz que o antigo povoado de José Henriques se estendia até ali, sendo o local também conhecido pelo mesmo nome. (Bohrer, 2011, p.74).

Segundo o Inventário de Cachoeira do Campo (2007), distrito ao qual pertence o subdistrito, o córrego do Funil, que deságua no Rio das Velhas, atravessa o povoado, podendo ter sido às margens deste córrego, com a vinda de bandeirantes na busca pelo ouro, o início do povoado, apesar de não haver indícios de que o tenham encontrado. Sustentando tal hipótese, o povoado não passou por processo de povoamento no século XVIII, tendo o momento de fixação populacional no século XIX.

O subdistrito de Doutor é um vilarejo com a população muito pequena oscilando em torno de cinquenta habitantes que tem como base econômica a agricultura familiar. Sua herança colonial ainda é muito ligada à religiosidade como se evidencia na celebração anual dedicada a padroeira da capela local, Nossa Senhora da Conceição.

O vilarejo pode ser acessado pelo distrito de Cachoeira do Campo ou pelo subdistrito do Funil, passando pela região da Serra do Siqueira, região de vegetação de médio porte e matas exuberantes. Ainda não possui rede de esgoto, pavimentação, coleta de lixo, equipamentos urbanos e nem serviços públicos como escolas e hospitais. Essa falta de políticas públicas para a região, que é essencialmente rural, e o confronto com a prática de investimentos na sede Ouro Preto, contribuíram para o pequeno desenvolvimento

populacional e econômico do local, principalmente depois da década de 60 do século XX, momento de migração massiva para os polos urbanos no Brasil.

Suas edificações foram completamente alteradas. Uma casa que consta do inventário de Cachoeira do Campo, apresentada como última reminiscência do século XVIII na região e que, segundo os registros, era em pau a pique, já não existe mais. Durante a produção desse trabalho verificou-se que, no terreno que fica ao lado da capela, hoje está dominado por intensa vegetação. O que se manteve foi o traçado viário e a posição das edificações em relação à rua principal e à capela que se encontra em posição de destaque no povoado. Esta também mostra traços da evolução do local apesar de permanecer com seu traçado original, salvo ampliações externas e algumas alterações internas.

A capela foi erguida no século XX e dedicada a Nossa Senhora da Conceição, porém, segundo relato dos moradores, a construção substitui uma mais antiga, provavelmente do fim do século XVIII ou começo do século XIX, embora não se tenha conhecimento de documentação de arremate da obra. O adro e coreto são posteriores, datados na década de 1970 e 1980 respectivamente. A capela conta com vasto acervo de imagens, sendo a imagem da padroeira, segundo o Inventário de Cachoeira do Campo (2007), uma obra datada do século XIX. Uma assinatura está presente em sua base, na parte posterior, com a inscrição O.P. 15 – 8º- 1922 A. Eves Sacramento pintor. Este pintor pode ter sido responsável pela policromia da imagem ou a ter restaurado. Sabe-se que nesse período um pintor chamado Honório Esteves Sacramento, nascido em Santo Antônio do Leite, já possuía certo renome e se destacava na região entre os pintores. Suas obras ganharam erudição desde que passou a estudar, diferente do pintor dessa imagem que tende ao gosto popular. A semelhança entre seus nomes levanta hipóteses de parentesco, mas não foi encontrada documentação que comprove essa ligação. A imagem, que dentre todas é a que mais tem valor na comunidade, fica recolhida da capela sob os cuidados de um morador. As demais ficam na capela e encontram-se em bom estado de conservação, bem como toda a capela que está conservada e recebe da comunidade manutenção constante. São inventariadas, além da Nossa Senhora da Conceição, mais sete imagens sendo duas de São Sebastião, uma de Nossa Senhora das Dores, uma de Sant'Ana Mestra, uma de Santa Tereza e dois crucifixos, além de um baú.

3. ASPECTOS ARQUITETÔNICOS E ESTILÍSTICOS

3.1 A capela¹

A capela apresenta um modelo construtivo simples, com estrutura em madeira, vedação em alvenaria de adobe e de tijolo queimado. As vedações são pintadas em branco e a estrutura, de madeira aparente, em verde escuro. De modo geral, o modelo construtivo é em terra. Na porção principal e sacristia, seguem o adobe na vedação com argamassa de assentamento em terra e argamassa de reboco em terra e cal. Já no anexo posterior, a vedação é em tijolo queimado com argamassa de cimento.

As fachadas das capelas laterais estão recuadas da fachada principal. O frontispício apresenta dois óculos circulares pintados na cor branca e acabamento em verde escuro. O acesso principal à capela é feito através de uma porta central de duas folhas almofadadas com verga em arco abatido.

Os cunhais da estrutura em madeira aparente possuem soco simples. O telhado possui duas águas com ornamento nos arremates, sendo suas telhas cerâmicas do tipo capa e canal, com cachorro e guarda pó em madeira no perímetro de toda a cobertura. O cachorro, cunhais, marco e folhas da porta são pintados de verde escuro.

As fachadas laterais, onde se encontram as sacristias laterais, são simétricas em relação a nave da capela, com exceção do banheiro construído posteriormente aos fundos da edificação. Ambas são recuadas em relação à nave. A porta de acesso possui verga reta e duas folhas almofadadas assim como a janela. O cunhal não possui soco e o telhado das sacristias é de meia água com telhas cerâmicas do tipo capa e canal.

A fachada posterior apresenta intervenção, segundo história oral, do começo do século XX, onde foi edificado um banheiro e uma caixa d'água. Com exceção da porta de acesso ao banheiro, em madeira, com verga reta, sem pintura e com apenas uma folha, a fachada posterior, na sua porção mais antiga, não possui aberturas, sendo ela pintada na cor branca. (Figura 2)



Figura 2– Fachada posterior. Fonte: Fernanda Silva

A nave apresenta planta simétrica com piso cerâmico em toda sua extensão. As paredes são em tom claro de verde, com exceção da balaustrada que separa as capelas laterais da nave, sendo essas de madeira e pintadas na cor verde escura. A estrutura em madeira, em uma das intervenções, ganhou reforço estrutural com a substituição das vigas internas por cintas de concreto.

O forro da sacristia lateral do lado do evangelho é em lambri e os forros da nave e da sacristia do lado da epístola foram substituídos por forro de PVC. O forro da nave é plano e os das sacristias são inclinados no sentido da água do telhado. Os forros de PVC são alterações bem recentes, visto que no inventário de Cachoeira do Campo produzido em 2007, ele é descrito como lambri.

O retábulo construído com pilares nas extremidades e coroamento em arco pleno, não possui elementos ou pinturas ornamentais como acabamento. O mesmo possui uma imitação de aduela pintada de branco. O camarim é caracterizado por dois pilares extremos e coroamento em arco pleno. O nicho possui fundo plano e sua estrutura é evidente.

3.2 O conjunto

A sineira situada à frente da capela é de estrutura simples, em concreto e alvenaria. A estrutura de sustentação é constituída por tijolo maciço e argamassa de cimento pintada na cor branca. O sino é confeccionado em ferro e bronze, sendo seu cabeçal em madeira com recorte estilizado em curvas e retas, pintado na cor verde. Abaixo da calota, o bojo é pintado de branco e apresenta dois frisos paralelos no centro. A cobertura é de telha capa canal. O cruzeiro, também situado na frente da capela é construído em concreto. Esse foi colocado

recentemente no local onde havia um cruzeiro em madeira. Já o adro é construído em alvenaria de tijolo e argamassa de cimento. Também se trata de uma construção mais recente em substituição da técnica tradicional em adobe. Possui traço simples e delimita toda a porção frontal da capela. Fechando o conjunto, o coreto, construído em 5 de novembro de 1982 em alvenaria de tijolo, revestido com argamassa de cimento, pintado de branco. Sua cobertura em quatro águas é de telha cerâmica. (Figura 3)



Figura 3 - Conjunto arquitetônico da capela. Fonte: Fernanda Silva

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em pequenas comunidades como a de Doutor, edificações como a capela agregam valores imensos que extrapolam seus limites, sobretudo quando seu povo está intimamente ligado às práticas religiosas. Sua posição privilegiada acaba tornando-a um símbolo centralizador do povoado e de suas atividades contribuindo para que, em contrapartida, haja uma união da comunidade em função de seus cuidados e manutenção. Exemplos disso é o zelo com que a comunidade cuida da capela e a festa da Santa Padroeira que ajuda a manter vivas as tradições do vilarejo.

Muitas mudanças foram feitas e continuam acontecendo. O inventário de Cachoeira do Campo foi base importante de constatação dessas alterações, como ao indicar a última reminiscência do século XVIII que já não existe.

Esse exemplo retrata bem uma questão importante sobre as práticas com o zelo ao patrimônio que merecem maiores reflexões. Pode-se partilhar da ideia de que é necessária a retirada dos santos da capela por uma questão de segurança do patrimônio, tendo em vista que alguns importantes exemplares se perdem. Mas como lidar com possíveis descaracterizações e desapropriação do valor que lhe foi atribuído?

É preciso que a subjetividade de cada caso seja levada em consideração.

Como no poema de Adélia, as mudanças decorrentes do processo técnico-ilógico sempre acontecem e podem tornar impossível detectar o passado no presente. Mas, mesmo com

tudo diferente, é possível resgatar algo que liga as rupturas nas continuidades e que dá à comunidade, através da capela, força na manutenção da memória e sentimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ávila, A.; Gontijo, J. (1980). *Barroco Mineiro - Glossário de Arquitetura e Ornamentação*. Belo Horizonte: Fundação João Pinheiro. 220p.

Bohrer, A.F. (2011). *Ouro Preto: um novo olhar*. São Paulo: Scortecci, 191p.

Prado, A. (1976). *Bagagem*. Rio de Janeiro: Imago, 153p.

Prefeitura de Ouro Preto (2007). *Inventário de Cachoeira do Campo: Acervo Rural*

NOTA

¹ A descrição arquitetônica da capela, por apresentar estilo barroco, foi realizada seguindo os termos propostos no livro de Afonso Ávila e João Gontijo, *Barroco Mineiro - Glossário de Arquitetura e Ornamentação* (1980).

AUTORES

Fernanda dos Santos Silva é historiadora formada pela Universidade Estadual Paulista e graduanda em Tecnologia da Conservação e Restauro pelo Instituto Federal de Ouro Preto.

Joicele Pedrosa é graduanda em Tecnologia da Conservação e Restauro pelo Instituto Federal de Ouro Preto.

Julia Isenschmid é graduanda em Tecnologia da Conservação e Restauro pelo Instituto Federal de Ouro Preto.

Tatiana Paiva é arquiteta formada pela Universidade Federal de Viçosa e graduanda em Tecnologia da Conservação e Restauro pelo Instituto Federal de Ouro Preto.

RESTAURACIÓN DE UNA EDIFICACIÓN HISTÓRICA DE ADOBE, EX CAPILLA SANTA ANA

Macarena Torres; Nahuel Quiroga; Felipe Rojas; Álvaro Riquelme

Espacio cultural Capilla Santa Ana. arqlme@gmail.com

Palabras claves: Edificación histórica, Reconstrucción, Transferencia tecnológica, Adobe

Resumen

La presente comunicación trata de los procesos puesta en valor de una edificación histórica ubicada en Valparaíso, Cerro Cordillera, la cual pertenece a la Zona de Conservación Histórica de la Ciudad. Construida el año 1881, en pleno barrio obrero, a la altura de la cota 100 sector más alto del cerro en ese entonces. Construida en albañilería de adobe, fundaciones de piedra y estructura de techumbre de madera, esta edificación es representativa del modelo constructivo de la segunda mitad del siglo XIX en Valparaíso. Después de ya 2 años de trabajo al interior de la capilla, durante el invierno 2013, el exceso de humedad y la degradación de los componentes de madera en esquinas y encuentros termino por derrumbar el muro testero, el cual colinda con el edificio de La Población Obrera la Unión. El proyecto plantea 3 objetivos que se sitúan en niveles diferentes. El primero es reconstruir el muro testero e iniciar la estrategia de consolidación del inmueble, segundo desarrollar y profundizar la tecnología constructiva tradicional integrando elementos contemporáneos que mejoren los desempeños constructivo-estructural de los componentes y el tercero trata desarrollo del trabajo comunitario desde la perspectiva de la capacitación y educación a los vecinos y otros agentes sociales. En este sentido la rearticulación del tejido social no ha sido fácil, en términos de una sociedad cada vez más individualizada, en donde los espacio físicos ya no son donde se da la convergencia, el desarrollo de los sentidos y el reconocimiento de nuestro entorno se vislumbran como herramientas fundamentales, con un gran potencial de desarrollo y crecimiento a los ojos de esta comunidad.

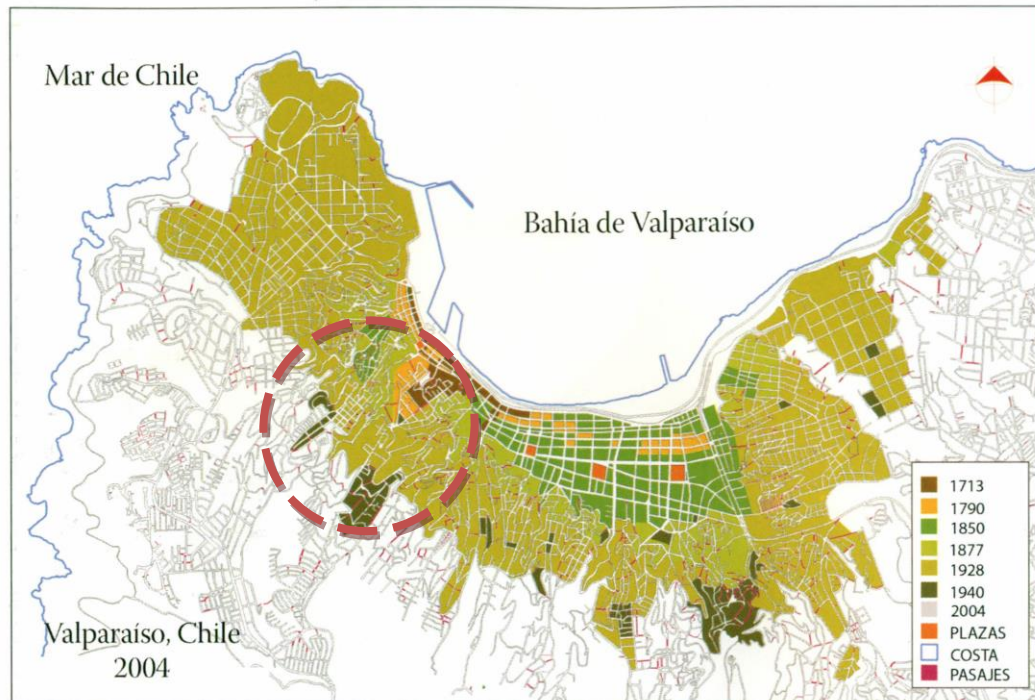
1. CONTEXTO Y DESARROLLO URBANO DE VALPARAÍSO

La tendencia de las ciudades siempre ha sido el crecimiento y la expansión en el territorio, lugares que nacieron producto de un desenvolvimiento de una actividad o un conjunto de ellas, tienden a ser reforzadas y complementadas, lo que a su vez va sumando y complejizando la trama de sus espacios. Con el tiempo la actividad productiva va cambiando y sus necesidades también, es así como la ciudad va modificando su aspecto y comportamiento en el habitar de su población en el territorio. En este caso el principal aspecto urbano de la ciudad de Valparaíso, lo constituye la morfología de su territorio, el cual se basa en un cordón montañoso que desemboca en el mar, conformando una bahía en donde desde sus cimas se puede visualizar la ciudad completa y diferentes puntos de ella, se dice que 'Valparaíso es un anfiteatro hacia el mar'. Esta condición le otorga una realidad urbana arquitectónica extraordinaria¹.

La elección de la ubicación se condiciona por su geografía resguardada y su proximidad con la ciudad de Santiago. El proceso histórico - urbano de Valparaíso contempla cuatro etapas principales, según ha sido establecido por Waisberg (1999), reafirmado por la cartografía histórica.

Primera etapa: formación del núcleo portuario a partir de mediados del siglo XVI, origen de la ciudad e inicio de la trama de la ciudad; Segunda etapa: instalación durante el siglo XVII de un sistema fortificaciones militares abarcando distintos puntos de la bahía confiriéndole a la población la condición de plaza militar; Tercera etapa: ocupación del sector del Almendral a modo del desdoblamiento del núcleo original e inicio de una ocupación dispersa de las quebradas inmediatas al borde costero, fenómenos ambos que acontecen durante el siglo XVIII; Cuarta etapa: expansión decimonónica caracterizada por la urbanización de los cerros

en torno al amplio arco de la bahía, permitiendo que al finalizar el siglo XIX se haya definido, en general, la trama urbana de la ciudad y donde el siglo XX representará más que nada el momento de su consolidación y densificación (figura 1).



Figuras 1. Cartografía de crecimiento y consolidación de la ciudad de Valparaíso

A partir de hitos del progreso industrial al puerto de Valparaíso, se consolida como primer puerto del pacífico sur, y consigo pionero en los nuevos procesos en torno a la tecnología, política, comercio, producción, servicios e intercambios socio culturales para el país. Comienza el éxodo de población de los campos a la ciudad. Lo que trajo consigo la necesidad y el crecimiento de habitable de la ciudad. Del siglo XIX hasta mediados del siglo XX se considera el siglo de oro para la ciudad, esto se vio frenado ante la apertura del canal de Panamá.

2. DE SU CONTEXTO HISTÓRICO A LA PRIMERA VICE PARROQUIA DE VALPARAÍSO – CAPILLA SANTA ANA – CERRO CORDILLERA

Los cerros colindantes al centro de la ciudad 'El entonces Barrio Puerto', como Cerro Artillería, Cerro Santo Domingo y Cerro Cordillera toman particular relevancia albergando residencias y/o poblaciones obreras que trabajaban de la actividad portuaria. Estos incipientes dos extremos de la ciudad se consolidan a partir de hitos urbano – Arquitectónicos y religiosos.

La Iglesia de la Matriz (reconstruida entre 1837-1842) hito de asentamiento y religioso, ante el inminente crecimiento, tiene la misión de evangelizar la parte más alta de la ciudad y así formar una red de apoyo católico, uno de los sectores elegidos es el Cerro Cordillera ya que poseía 7.000 habitantes.

Conectando la ciudad entre cerros con un segundo nivel o margen urbano, camino cintura es trazado en 1872 por Fermín Vivaceta; Contemporáneo a esto de acuerdo al crecimiento exponencial de la población y la misión de la iglesia, en 1880 se designa un lugar de oratoria contiguo al camino, y en 1898 la construcción e inauguración de la Población Obra la Unión POU, primera vivienda social de Chile. Terminan por consolidar uno de sus márgenes urbano habitable de la ciudad a finales del siglo XIX (figura 2).

El siglo XX fundamenta la expansión del primer margen con la consolidación de este nivel al resto del anfiteatro geográfico de la ciudad. Conformando así el loteo fundacional de conservación histórica (Vásquez L. et al, 1999)



Figura 2. Emplazamiento de capilla Santa Ana, colindante con población obrera de la unión

En 1880 el lugar de oratoria y ceremonias litúrgicas cierra sus puertas para dar cabida a la nueva construcción de la capilla. El 30 de Diciembre se firma el Decreto de construcción y el 2 de febrero de 1881 se coloca la primera piedra, la construcción del inmueble tarda 1 año y medio, el 20 de agosto de 1882 se bendice la nueva capilla.

3. DE VICE-PARROQUIA DE SANTA ANA A ESPACIO COMUNITARIO

3.1 Contexto Urbano y Emplazamiento

Capilla Santa Ana directamente ligada al acontecer social y urbano; como primer carácter identitario el Urbanista Fermín Vivaceta conecta la parte de la periferia con la expansión de los cerros con camino cintura a 100 metros sobre el nivel del mar. Posibilita 3 vías de acceso a la capilla; de plan a cerro por camino cintura, ascensor Serrano y eje transversal calle castillo, donde la iglesia se emplaza hacia al mar orientación Norte, ejerciendo un predominio en el sector manifestado por el volumen y significado cultural (figuras 3 y 4)



Figura 3. Imagen exterior 1960



Figura 4. Imagen exterior actual

Las vías que enmarcan la capilla Santa Ana son Eyzaguirre, donde acompaña paralelamente a las naves de la capilla, y calle Balmes que, con una orientación de este a oeste, delimita el frontis y acceso de ésta.

3.2 Valor Arquitectónico y espacial

La materialización de la capilla Santa Ana es de una arquitectura religiosa, propia de la ciudad de Valparaíso de fines del siglo XIX. Su planta se concibe en tres naves, una principal de cañón corrido y dos laterales de cielo plano. La planta se muestra en una proporción de 1:2 entre el ancho y largo.

La formalidad de la fachada es muestra de un estilo Neo-clásico, donde se percibe a través de un pórtico de columnas pares y un frontón triangular. La espacialidad interior está conformada por tres naves delimitadas por una intercolumnación de reminiscencias dóricas y un tímpano de madera que secciona el recorrido (figuras 5 y 6).



Figura 5. Imagen interior año 1960



Figura 6. Imagen interior en actividad cultural

3.3 Hábitat, comunidad, redes, voluntad en el territorio

Grandes, medianas y pequeñas edificaciones en desuso se presentan en la ciudad de Valparaíso, muchas de ellas (como en otras ciudades) han sido abandonadas, es conocido que las zonas históricas se han visto despobladas por diferentes razones y que sus actividades primigenias tienden a desaparecer o a la necesidad vivir procesos mutación.

Los procesos de migración dentro y fuera de la ciudad de Valparaíso, cambios en la configuración urbana por procesos de cambio de paradigmas económicos, sociales y culturales, gatillan procesos de degradación del tejido urbano y de las edificaciones históricas en Valparaíso.

Igualmente significativo a ese efecto han sido los acontecimientos que han dado forma a su desarrollo histórico de Valparaíso, asociados directamente a las contingencias de su condición de enclave portuario y la producción arquitectónica que se ha logrado. Es de esta manera que la ciudad en su conjunto y su arquitectura en particular manifiestan un intenso sentido de identidad en tanto el acto de habitar la geografía en la circunstancia de un devenir histórico específico y consolidado en el tiempo.

Así el Cerro Cordillera de Valparaíso posee una identidad legible que es posible valorizar. En ese contexto, la Población Obrera de La Unión aparece como un hito fundamental en el desarrollo del cerro. Inaugurada en el año 1898 como una de las primeras vivienda social del país ha visto y ha sido parte de la historia del cerro y de la ciudad, aglutinando a sectores del mundo obrero, organizaciones de base como mutuales, sindicatos, clubes deportivos, entre otros. Sin embargo, la gran depresión de los años '30, la apertura del Canal de Panamá, el tipo de desarrollo económico instaurado en el país y, finalmente, el olvido y desinterés del Obispado –administrador del inmueble hasta la década del '50-, llevó a un deterioro profundo y sistemático del edificio y de la calidad de vida de sus habitantes. Ello devino a que a fines de la década de 1990 la población presentara un estado deplorable, estando en muchas ocasiones a punto de ser demolida. Sin embargo, los niños, niñas y jóvenes de la población, Impulsados y/o realizados por el trabajo del TAC (Taller de Acción Comunitaria), que desde 1990 aporta al desarrollo integral de comunidad, enfocado en talleres y ciclos de escuela para niños valorando el medio ambiente y en el desarrollo desde el mundo infantil con una perspectiva de crecimiento creativo y lúdico con su entorno. Siguiendo de base el lema 'Juntos construyendo una vida mejor'.

Desde 2009 a cargo de la organización comunitaria Espacio Santa Ana lleva adelante Proyecto de regeneración e interacción socio territorial relevando prácticas del espacio comunitario, colectivos organizacional y puesta en valor del habitar el territorio.

4. PARTICIPACIÓN Y DISEMINACIÓN DESDE EL PUNTO DE VISTA CONSTRUCTIVO

Cada región tiene una cultura constructiva la cual alberga a las personas que habitan en determinados lugares. Muchas veces con el avance tecnológico y el cambio de las costumbres de vida, van quedando obsoletas y la forma de construir en desuso. Este 'Olvido' de la forma de construir no permite la necesaria mantención de las construcciones por parte de sus moradores, los que muchas veces desconocen los siendo estas razones por las cuales, estos sistemas tengan colapsos. En este sentido las edificaciones históricas van sufriendo la degradación de sus componentes, y las personas no procuran la mantención, además no saben cómo realizar acciones de conservación del entorno construido en el que habitan. Otro aspecto relevante es la identidad en el territorio el cual se materializa en el entorno que constituye su habitar en un determinado barrio.

Es un modelo sustentable de la recuperación de la identidad urbana y del habitar propio de cada persona o unidad familiar, se refuerza el sentido de identidad y pertenencia a un lugar, como también propone futuras intervenciones en el entorno inmediato, siendo también una transferencia tecnológicas del entorno que se habita, entendiendo esta transferencia como parte de un proceso social y cultural.

La participación es un concepto cada vez más difícil de materializar en el sentido edificatorio antiguamente la participación era parte de un sistema social interrelacionado en donde la comunidad se hacía cargo de la construcción de edificaciones habitacionales e institucionales, no era extraño ver personas participando en la construcción de las casas de algún vecino o amigo y viceversa. Este aspecto cultural, está cada vez más abandonado, básicamente por el cambio de paradigma cultural y tecnológico. Cada vez mas la individualidad e inmediatez cada persona hace que no exista interacción entre habitantes, haciendo cada vez más un relacionamiento virtual y no presencial.

La participación en el sentido edificatorio y presencial, es un objetivo difícil de lograr, además que la tierra hoy pasa a ser un material extraño y ajeno, muchas veces erróneamente vinculado a la pobreza. En la actualidad se vive una revalorización de la tierra como sistema constructivo, dan testimonio de ello diferentes escuelas vinculadas a la edificación (Arquitectura, construcción, ingeniería, energía, etc.)

5. DE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS DE TIERRA EN VALPARAÍSO

Los ejemplos mas antiguos de edificación en Valparaíso, se han construido en sistema portante de albañilerías de adobe, los que reforzado con piezas de maderas preferentemente de roble en vanos, encuentros de muros y coronamientos, son vestigios de una arquitectura colonial que sobrevivió hasta finales del siglo XIX. Se pueden citar construcciones que datan del siglo XIX tales como, la iglesia de La Matriz, Capilla Santa Ana, Iglesia San Francisco de Barón y un sin número de viviendas anónimas en donde divisan los bloques de tierra con refuerzos de madera. La gran problemática de estos sistemas es la vulnerabilidad que presentan frente a eventos sísmicos, esta vulnerabilidad está dada mayoritariamente por el deterioro de sus elementos de madera, que pueden sufrir el ataque de agentes biológicos, que fagocitan la celulosa y lignina de la madera, dañando la estructura y resistencia. Hay que tener en cuenta que las estructuras de adobe tienen un peso de 1300 kg/m^3 a 1800 kg/m^3 (Minke, 2001), que genera un sistema con una gran sollicitación a los elementos que participan en tracción. Esto es lo que le otorga una dificultad a la hora de construir con bloque que oscilan de 25 kg a 32 kg cada uno.

Siendo la capilla Santa Ana, una edificación construida a finales del siglo XIX, es una buena representante de la arquitectura pos colonial, ya que posee una combinación de tierra y madera que se materializa en muros de adobe de 90 cm de ancho y 6 metros de alto reforzadas con elementos de madera en su coronamiento, lo que recibe la estructura de

techumbre y une la estructura central de pilares de madera. Para asumir la pendiente se utilizan fundaciones de piedra, en la parte más alta llegan a medir más de 2 m, otorgándole monumentalidad a sus 420 m², donde sus muros perimetrales fueron construidos con la técnica de Albañilería, utilizando ladrillos de 60 cm x 30 cm x 10 cm de adobe, en módulos de 3 ladrillos para lograr el ancho total de 90 cm y un alto de 450 cm en la cumbrera.

6. ESTADO DE CONSERVACIÓN EDIFICIO EX CAPILLA SANTA ANA. PROYECTO DE RECONSTRUCCIÓN DEL PATRIMONIO

El 10 de Julio del año 2013, el corte horizontal de la zona baja del muro testero, provocada por el reblandecimiento del adobe expuesto a la constante humedad filtrada desde la techumbre y acumulada (por 40 años) en este ambiente, sin posibilidad de ser liberada por el adosamiento inmediato a un muro de albañilería de ladrillos de la edificación continua (población obrera de la unión) y la degradación de los componentes de madera en techumbres y encuentros estructuralmente relevantes, provocó el derrumbe del muro testero. El muro se derrumbó en un 90% y con él, cayó la primera cercha, que arrastro a la segunda , y afecto a la tercera, la que comprometió la primera línea transversal de pilares de madera. Con ello el inmueble quedo con una desconexión relevante entre sus partes, lo cual hace peligrar a su vez, la integridad del total. Este suceso impidió continuar los trabajos de restauración que se llevaba hasta ese momento al interior de la capilla en distintos sectores. El primer trabajo fue el despeje de la zona y con ello un trabajo de remoción de escombros, lo que tuvo como faena provocar un derrumbe controlado de trozos de muros que de al menos 3 toneladas cada uno.

Como estrategia de consolidación de emergencia, se optó por la estabilización de la primera línea de pilares de madera como elemento que reconectara los dos muros longitudinales, es decir, se utilizó una viga de amarre en la primera línea de pilares, dicha viga acuso que se habían salido del eje los pilares, por lo que fue mayoritariamente necesario el uso de esta viga, la cual junto con estructura de puntales fue y ha sido el alzaprima para evitar que continuara el derrumbe.

Todo el trabajo mancomunado dio cuenta de que para la reconstrucción de muro siniestrado era necesaria una obra mayor, lo que necesita de mayor tiempo y mayor financiamiento. Entonces en una etapa de visibilización de la catástrofe ocurrida, diferentes entidades del ámbito público y privado manifestaron su interés pero escasa gestión en colaborar a la reconstrucción.

Con la visualización del 'Fondo de Reconstrucción Patrimonial, versión 2013' del Consejo Nacional de la Cultura y las Artes (CNCA), se abrió una oportunidad de obtener financiamiento y salir del estado de catástrofe. Se vio la posibilidad de postular, a pesar del requisito de co-financiamiento para su ejecución. Sorpresa fue el obtener un segundo lugar a nivel nacional, nunca se había dado que una organización social obtuviera esa nominación, ya que este tipo de iniciativas requieren un co-financiamiento el cual fue gestionado con una alianza ciudadana.

6.1 Desarrollo técnico de la reconstrucción. Descripción estructural del edificio existente

Los elementos fundamentales que permiten comprender el comportamiento estructural del inmueble, se describen a continuación:

- Materialidad: Desde un punto de vista material este inmueble está estructurada con muros de adobe en todo su perímetro, pilares interiores de madera, pilares de albañilería cocida estucados en el acceso y estructura de madera en la techumbre.
- Morfología: Este edificio presenta muros en dos direcciones ortogonales, posee un nivel, con altura predominante de muros de 5,5m y ancho 80cm, lo que arroja una esbeltez de 7 lo que constituye una variable muy adecuada para contribuir a la estabilidad sísmica.

- Tipología estructural del edificio: Este inmueble presenta un sistema estructural neto de muros de corte sísmicos. Se considera que el techo constituye diafragma semi-rígido.
- Principales daños: El edificio presenta un conjunto de daños estructurales relevantes, tales como deformaciones de las columnas de albañilería, deformaciones en las columnas interiores de madera, deterioro por humedad y xilófagos en el sistema de techumbre y vaciamiento del muro testero de adobe, motivo de la presente comunicación.

6.2 Diagnóstico estructural de la falla

Para comprender la operación del edificio es preciso considerar lo siguiente:

Este edificio originalmente fue construido como capilla. Su geometría implica que los muros longitudinales tienden a fallar por vaciamiento (fuera del plano) y los cortos por corte (dentro del plano).

En este caso particular, el muro del eje 8 (muro transversal de acceso) presenta menor capacidad sísmica que el eje 1 (Muro derrumbado), por cuanto tiene el vano de acceso, de 3,3m de largo. Esto implica que la capacidad de resistir corte sísmico del eje 8 es aproximadamente un 25% inferior a la del eje 1, sin embargo el colapso se da en el eje 1. De acuerdo a lo expuesto, el colapso del muro del eje 1 no se debe a exceso de cortes sísmico (figura 7).

En los vértices de los muros de este edificio se produce alta concentración de tensiones debido a la longitud de los muros laterales, que en este caso alcanza 28m. Dichas tensiones serán mayores en la medida que el sistema de 'techumbre no aporta rigidez sustantiva' y posee una conexión indeformable con los muros. Cualquier degradación que presenten estas esquinas podrá significar la deformación excesiva de los muros que confluyen a ellas. Una de las causas primarias del colapso que se observa.

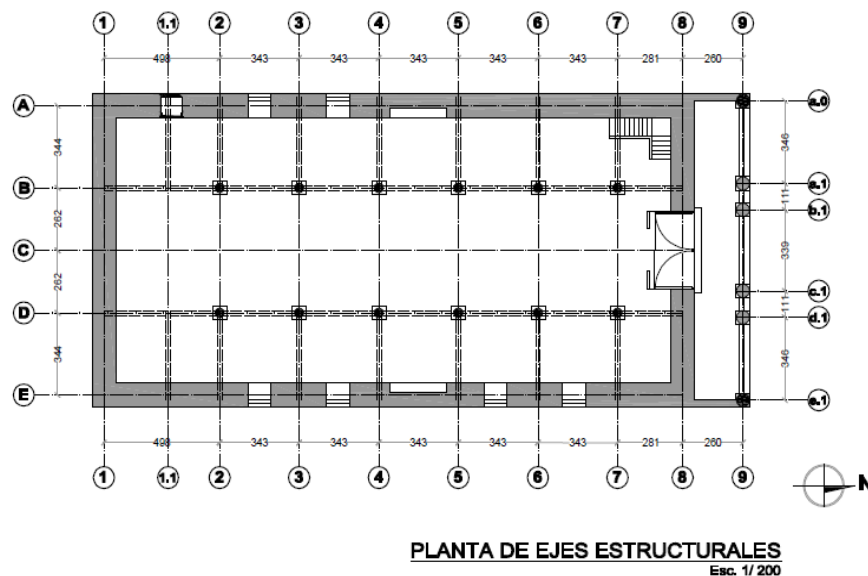


Figura 7. Planta de arquitectura de la capilla Santa Ana

6.3 Definición de la estrategia de rehabilitación y consolidación estructural del edificio

Las técnicas de rehabilitación y consolidación que se están aplicando al inmueble son descritas a seguir.

Reconstrucción del muro testero, en técnica de adobe armado, que considera lo siguiente:

- Inclusión de escalerillas electrosoldadas cada seis hiladas.

- Incorporación de mallas electrosoldadas de piel completa por ambos costados del muro, soldadas a las escalerillas.
- Materialización de cadena de coronamiento conformada por dos piezas de 100 mm x 100 mm, más montantes de igual sección y solera de sección 200 mm x 200 mm.
- Las mallas verticales retornarán en el coronamiento y se engraparán a las soleras.
- Refuerzo de fundación corrida existente de mampostería mediante recrecido en hormigón armado.
- Frente a los ejes B y D, se incorporan pilares soleras contiguos al muro testero.

El confinamiento del muro testero con malla metálica electrosoldada (tipo C139 de Acma o equivalente técnico) tiene por propósito confinar los muros, mejorar su capacidad de corte sísmico y controlar la posible abertura de sus vértices.

La rigidización de techos es necesaria para rigidizar horizontalmente el edificio en su parte superior con ello también se pretende optimizar el afianzamiento entre el sistema de techumbre y el muro nuevo.

Reparación general del edificio: Si bien esta intervención está focalizada en el muro testero, el edificio debe ser reparado de manera integral de manera de restituir la integridad estructural del esqueleto resistente. Ello implica eliminar las fuentes de humedad interior del inmueble. Se tiene presente que para garantizar la estabilidad del edificio en su conjunto, es necesario el desarrollo de un proyecto que lo considere como un todo.

6.4 Trabajo comunitario y la realización de talleres de tierra

Como objetivo central del trabajo se planteo la participación ciudadana la cual tuvo 2 lineamientos: La capacitación en construcción con tierra y la valoración de la comunidad hacia una arquitectura histórica.

En este sentido se planifico un trabajo en base a voluntarios a los que se les hizo un llamado por redes sociales, en donde llegaron vecinos, niños, adultos, jóvenes de diferente ocupación; grupos afines a la organización de otras organizaciones sociales de la ciudad; amigos y familiares que junto a un grupo de inductores con capacitación básica de construcción en tierra, llevaron a cabo estas jornadas al aire libre, en donde la capacitación y la valoración fueron los ejes centrales de cada jornada de trabajo colectivo (figuras 8 y 9).



Figura 8. Fabricación de adobes en calle Balmes Figura 9 Piscina para la mezcla de la tierra

A pesar de estos favorables factores, la convocatoria a estas jornadas no cumplieron con lo programado llevando al incumplimiento de la meta propuesta, ocasionando un retraso de la fabricación de adobes. Sobre los propósitos programáticos se puede decir que hay incumplimiento del número de adobes propuestos, más se debe decir que se recuperó la capacidad de producción, lo cual es trascendental, ya que abre otras formas de comprender lo que se hace con otros, lo que ya en si es un efecto positivo. Para entender este aspecto se debe tener en cuenta el desgaste físico que se debe realizar para la elaboración del adobe el cual por sus dimensiones y características es un elemento pesado, en donde seco es de 35 kg y mojado (en estado plástico) es al menos un tercio más.

Todo este trabajo se realizó con el mismo material extraído del derrumbe, tierra existente de la capilla, el mismo que mantuvo en pie el edificio por más de 100 años, estos test

concluyeron de manera positiva, favoreciendo la reutilización del material, una conclusión lógica que reafirma la capacidad de reutilización de la tierra.

La deficiencia en la elaboración de adobe, finalmente tuvo dos consecuencias: El atraso en el inicio del levantamiento del muro; y la redistribución de recursos para realizar la compra de 800 adobes a un fabricante rural. Pues el muro se debía erguir con 1600 adobes y solo se alcanzaron a fabricar 800 unidades.

7. CONSIDERACIONES FINALES

La importancia de la preservación de los edificios históricos es fundamental, ellos otorgan identidad a los territorios donde se emplazan. En este sentido el considerar la reconstrucción de una edificación histórica e involucrar a la comunidad al hacerlo, es un desafío enorme, ya que en ese esfuerzo confluyen una serie de factores que muchas veces complejizan el fenómeno en vez de simplificar y otorgar una solución certera.

Si bien el Proyecto de Reconstrucción del Patrimonio del CNCA solo co-financia la ejecución de la recuperación de un sector acotado de la Capilla, se entiende que esta reconstrucción parcial del edificio es parte de un proyecto integral de rehabilitación, el cual será un antecedente e inducirá el lineamiento de la rehabilitación estructural del edificio, un patrón a seguir en el proceso de restauración de la Ex-Capilla Santa Ana.

Los lineamientos que deja el trabajo realizado son los que se pretende conduzcan los métodos constructivos, de refuerzo estructural y la comunidad como fuerza de trabajo real. Todos estos factores asociados como vehículo de concientización de los habitantes para con su entorno construido.

La participación ciudadana y vecinal, dejo como aporte, la construcción de adobes, realizando en la calle Balmes un espacio acondicionado para la realización de un campo de trabajo, en donde se pudo introducir a las personas interesadas al mundo de la construcción con tierra, identificando suelos a través de test de decantación, retracción y plasticidad. En este sentido qué una comunidad cierre una calle, en medio de una ciudad para trabajar con tierra, para hacer “aparecer” material, fue un aspecto relevante, teniendo en cuenta que hoy en día se construye con materiales formateados, pre-establecidos y esta prácticas demostró que se puede hacer de otra manera, que no necesariamente se necesita comprar material, sino que el material es algo el cual puede desarrollarse. El comprender este hecho, es reflexionar sobre el cómo se hace de lo constructivo un hecho no solamente físico-construido, sino también un hecho social, político, es decir productivo. No se delega la técnica, sino se incorpora como práctica propia.

Se reconoce en la técnica el valor constructivo, de un hacer con las manos y de forma colectiva, como testimonio de una cultura. En este sentido se pretende realizar un ejercicio de tecnología aplicada al servicio de las comunidades, haciendo prácticas que resignifican nuestra forma de habitar, de comprender nuestra relación con el entorno, de hacerse cargo del entorno, ya que la comprensión las prácticas constructivas, ‘del hacer a mano’, es más que el hecho en sí, sino que reconfigura el cómo son las relaciones entre los habitantes y su contexto. De esta forma se potencia un modelo sustentable de recuperación de la identidad urbana y del habitar propio de cada persona o unidad familiar, se refuerza el sentido de identidad y pertenecía a un lugar, como también propone futuras intervenciones en el entorno inmediato, siendo también una transferencia tecnológica del entorno que se habita.

Finalmente el proyecto de reconstrucción del muro se puede vislumbrar como un relato de planificación constructiva y también como un proceso de resignificación de prácticas culturales, de formas de hacer, es un ensayo para percibir cuales son las capacidades de la comunidad y la factibilidad de reconexiones culturales, del cómo se entiende la construcción y arquitectura y de cómo se pone al servicio de la ciudadanía, es decir la tierra y nuestro patrimonio en un lugar común con la gente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Duarte Gutiérrez, Patricio H.; Zúñiga Lamarque, Isabel M. Valparaíso cosmopolita: los efectos de la disposición hacia la técnica como parte de un espíritu progresista del siglo XIX. *Revista de Urbanismo*, 17, diciembre 2007.

Minke, Gernot. Manual de construcción viviendas antisísmicas. Forschungslabor für Experimentelles Bauen Universidad de Kassel, Alemania, 2001.

Vásquez L., Nelson; Iglesia S., Ricardo; Molina A., Mauricio. Cartografía histórica de Valparaíso. Ediciones Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso, 1999

Waisberg, Myriam. Monumentos y Sitios de Chile, ICOMOS- CHILE 1999, ediciones Altazor, Santiago, 1999.

NOTAS

¹ Este fenómeno ha sido descrito y comprendido como resultado del continuo proceso de ocupación del particular marco geográfico en que la población se ha ido desarrollando en el curso del tiempo (Duarte Gutiérrez; Zúñiga Lamarque, 2007)

² Apertura de malla: 10 cm x 10 cm; diámetro de barras de 4,2 mm; peso de 2,18 kg acero por m² de malla

AUTORES

Macarena Torres Labra, Arquitecta Universidad de Valparaíso. Diplomado Rehabilitación del Patrimonio Arquitectónico de la Vivienda Colectiva de Valparaíso Universidad de Chile. Arquitecta de apoyo en proyectos de Reconstrucción con experiencia en adobe.

Nahuel Quiroga Corvalán, Arquitecto Universidad de Notre Dame, (EEUU). Magister en “Estudios Sociales y Políticos Latinoamericanos”, Universidad Alberto Hurtado, Santiago Chile. Experto en el conocimiento y trabajo de la madera. Estudiante Doctorado en Ciencias Sociales, Universidad de Buenos Aires, Argentina.

Felipe Rojas Calderón, Arquitecto Universidad Católica de Valparaíso. Dibujante Proyectista Arquitectónico, Técnico Patrimonial, Instituto Duoc UC. Con experiencia en trabajo comunitario

Álvaro Riquelme, Arquitecto de la Universidad Tecnológica Metropolitana de Santiago, Especialista en Restauración Arquitectónica y Maderas. Integrante PROTERRA (www.proterra.org) En 2005 comienza sus estudios en Restauración de Maderas y Técnicas Tradicionales de Construcción en un curso dictado por el Instituto Ítalo Latinoamericano, en convenio con DuocUC Valparaíso. Ha realizado cursos de policromías sobre madera (PUC, Santiago); Conservación de material lítico (Yachay Wasi Lima, Perú); y Museología y Conservación (IILA, Isla Negra). En 2010 asiste al 14th International course Wood Conservation Technology ICWCT en Oslo-Norway. Desde 2007 hasta 2013 se desempeña como docente en la carrera de Restauración Patrimonial en DuocUC, realizando diversos proyectos de restauración. En 2011 funda Xiloscopio Ltda., empresa dedicada a la restauración arquitectónica entre cuyos trabajos destaca el proyecto de restauración del Ex Congreso Nacional sector Senado) en Santiago, año 2011-2012. Restauración iglesia San Francisco de Barón, año 2014, entre otros.

ARQUITETURA CONTEMPORÂNEA

ARTIGO CIENTÍFICO

**Vivienda alpaquera altoandina. Caso de estudio
tipológico em Puno, Perú**

Magaly del Pilar Gayoso Carranza e Orlando Carlos Pacheco Zúñiga

O conforto da habitação de terra

Leonardo Ribeiro Maia

**Formas tradicionais das construções de terra versus
formas produzidas pelas técnicas contemporâneas:
uma diferente abordagem formal para a terra crua**

José Luiz Mendes Ripper, Fernando Betim Paes Leme e João Victor
Correia de Mello

**Arquitectura en tierra y ecoturismo. Identidad ancestral
para la conservación de las Lomas de Atiquipa**

Johanna Guadalupe Saavedra Ramos

INFORME TÉCNICO

**Taipa contemporânea. Alexandre Bastos – Criatividade
e maturidade**

Filipe Jorge

VIVIENDA ALPAQUERA ALTOANDINA. CASO DE ESTUDIO TIPOLOGICO EN PUNO, PERÚ

Magaly del Pilar Gayoso Carranza¹; Orlando Carlos Pacheco Zúñiga²

Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú
¹magaly.gayoso@gmail.com; ²orlandopz23@gmail.com

Palabras Clave: vivienda rural, tipología, patrimonio vernáculo, comunidades altoandinas.

Resumen

Las zonas altoandinas del continente sudamericano presentan condiciones adversas para el desarrollo de la vida del hombre. La arquitectura como expresión de la cultura material de los pueblos que habitan a más de 4000 msnm es el objeto de estudio. La vivienda refleja diversas soluciones adoptadas por los hombres buscando proveerse de un espacio controlado dentro de un amplio espacio natural. Estas soluciones 'espontaneas' forman parte de la tradición constructiva en nuestra historia; con valor cultural y arquitectónico incalculable que debiera ser rescatado y promovido para enfatizar la diversidad cultural de la región en tiempos de globalización acelerada. Se analizan viviendas de tierra y piedra cuyo diseño ha sido determinado por el ritmo de vida de los usuarios en comunidades alpaqueras y por condiciones climáticas imperantes. La inexistencia de estudios actuales que busquen sistematizar y conservar esta arquitectura rural altoandina motiva la realización del presente estudio. Se considera que es responsabilidad del arquitecto promover la continuidad cultural reconociendo y poniendo en valor la tecnología local. Por ello es objeto de esta investigación identificar variables culturales que condicionan el entorno construido, establecer tipologías de vivienda y generar un registro de las viviendas, sus espacios y usos a nivel descriptivo, gráfico y fotográfico. Los resultados preliminares muestran tres tipologías de vivienda, cuya autoconstrucción es consecuencia de la situación socio-económica de los usuarios. Se concluye que los materiales de construcción no industrializados como el adobe y piedra, son idóneos para contrarrestar las inclemencias climáticas del lugar de manera sostenible incorporando conocimiento tradicional y permaneciendo acordes al paisaje cultural altoandino.

1. INTRODUCCIÓN

En el continente sudamericano las viviendas desarrolladas en la región andina son el resultado de una particular forma de apropiación del espacio. Hace más de 6000 años la simbiosis que se forjó entre hombre y animal hizo admisible para el hombre asentarse en áreas hostiles y soportar las inclemencias climáticas en territorios donde la temperatura puede descender hasta -22°C.

Sin embargo ambos actores resultaron beneficiados; el animal encuentra refugio, alimento y protección contra los depredadores; y el hombre se provee de abrigo, alimento, combustible para sus cocinas e ingresos económicos generados por la venta de fibras. Es así como el pastoreo simboliza, no solo una actividad económica, sino el sustento de vida del pastor.

La forma de habitar en comunidades rurales es distinta a la que se desarrolla en las urbes, la actividad económica a la que se dedican y los amplios terrenos donde se emplazan (aproximadamente 200 ha) hacen que el espacio existencial del usuario no se circunscriba únicamente dentro de la vivienda, sino también fuera de ella.

Es probable que la primera observación que se haga sobre estas edificaciones este referida a su precariedad física pues no cumplen con los cánones de habitabilidad y calidad de vida que se establecen en las urbes. Sin embargo se debe considerar la dimensión socio-cultural para obtener un enfoque ético y así entender las formas de comportamiento y la arquitectura.

Observando y analizando las distintas dinámicas que el pastor establece en el escenario altiplánico es posible estudiar de forma más completa la configuración de su vivienda y

además determinar cuáles son las estrategias constructivas empleadas por los pastores para adaptarse al medio que los rodea.

1.1 Geomorfología

El estudio se desarrolla en la comunidad rural Choroma (Figura 1) que se localiza en los Andes del sur del Perú a 20 km aproximadamente del centro poblado Santa Lucía, dentro de la región ecológica denominada Puna. Ésta se encuentra delimitada por territorios entre los 4000 y 4800 msnm, tomando como referencia el límite superior efectivo de la agricultura.

La topografía de estas zonas es de altiplanos, cuencas y laderas interrumpidas por cadenas montañosas con picos nevados. El grupo de plantas que caracterizan este escenario, son los pastos cortos, conocidos como *ichu*.

Se presentan temperaturas relativamente constantes todo el año, con fluctuaciones pronunciadas entre las horas del día y la noche. Estas diferencias de temperatura pueden llegar, en los meses más fríos, hasta 21°C. Los meses de abril y mayo presentan temperaturas moderadas que fluctúan entre 16°C y 3°C. Cabe destacar que a lo largo del año la radiación solar es alta, con vientos diurnos y una atmosfera seca.

Las lluvias son estacionales, comienzan en noviembre, aumentan de intensidad durante diciembre, enero y febrero; y disminuyen de manera progresiva durante abril y mayo.

Los meses sin lluvia (mayo, junio, julio, agosto y septiembre) registran el mayor número de días con heladas y la temperatura puede oscilar entre 15°C y -7°C. Las nevadas son esporádicas y desaparecen con los primeros rayos del sol.



Figura 1 – Vista de la comunidad Choroma (Fuente: Propia)

2. MARCO TEÓRICO

La investigación se sustenta en tres conceptos fundamentales. En primer lugar la vivienda como expresión material de la cultura y por tanto condicionada por elementos socio-culturales (Rapoport, 2003); en segunda instancia la apropiación del espacio como el proceso para materializar la vivienda y determinar el espacio existencial del usuario (Muntañola, 2001). Finalmente las tipologías como clasificación de la vivienda según las estrategias constructivas que se han desarrollado para adaptarse al entorno (Caniggia; Maffei, 1995).

3. METODOLOGÍA

La metodología para el desarrollo de la presente investigación es el estudio de caso. La muestra corresponde al 30% de la totalidad de viviendas que se ubican en la comunidad altoandina alpaquera Choroma, para su análisis, comparación y posterior clasificación.

Las técnicas aplicadas para la recolección de información están referidas a la revisión de bibliografía, elaboración de encuestas con preguntas cerradas politómicas, desarrollo de entrevistas semiestructuradas y el levantamiento gráfico y fotográfico de la vivienda.

Durante el trabajo de campo se emplea la observación directa, referida al contacto directo entre el investigador y el objeto a estudiar; y la observación participante artificial, que permite recoger información fidedigna sobre las costumbres de la comunidad.

Posterior al trabajo de campo se aplica el análisis de contenido para filtrar la información que se considera relevante; la clasificación de información según las variables de interés y finalmente la sistematización e interpretación de datos mediante una matriz que refleja los datos trascendentales de la vivienda.

4. RESULTADOS

El primer resultado de la investigación es la determinación de variables socio-culturales que influyen en el proceso de concepción de la vivienda. Estos incluyen cosmovisión, actividad económica, nivel de pobreza, dinámica social, educación, estilo de vida, formas de alimentación, festividades sociales y religiosas, etc.

Se incluye la definición de apropiación del espacio como el método que, mediante determinadas estrategias (concepción, planificación y ejecución) logra conformar un espacio arquitectónico y un espacio existencial conforme a los anhelos del usuario.

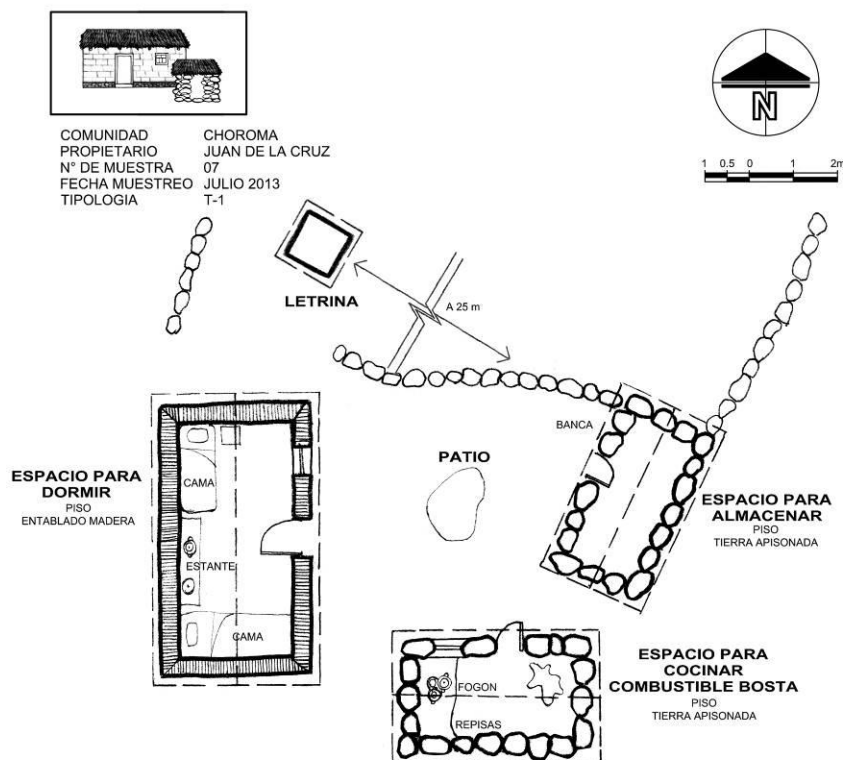


Figura 2 – Planta de una vivienda autóctona (Fuente: Elaboración propia)

En tercera instancia se determinan tres tipologías de vivienda alpaquera. La primera denominada autóctona (T-1) agrupa aquellas viviendas compuestas por volúmenes independientes distribuidos alrededor de un patio central, los materiales utilizados son tradicionales, es decir, elaborados por el hombre o usados directamente del medio natural; como son el adobe y la piedra para los muros y la paja para los techos. (Figura 2).

La segunda clasificación es la tipología 'tradicional' se subdivide en tres organizaciones distintas. El tipo 'tradicional-base' (T-2a) presenta como máximo cuatro volúmenes independientes organizados alrededor de un patio, sin embargo dentro de un volumen se pueden encontrar dos espacios; los materiales utilizados en los muros son tradicionales (adobe y piedra), pero la mayoría de techos son de material industrial (calamina) (Figura 3). La tipología 'tradicional-simplificada' (T-2b) presenta tres volúmenes como máximo, cada uno con un ingreso independiente y no cuenta con un patio organizador definido; los materiales de los muros son tradicionales (adobe y piedra) mientras que los techos son

indistintamente de tradicionales (paja) o industriales (calamina). La tipología 'tradicional-expandida' (T-2c) consta de seis volúmenes independientes como mínimo, éstos pueden contener más de un ambiente al interior, cuentan con un patio extendido o múltiples patios organizadores; los materiales usados en los muros pueden ser industriales (calamina) o tradicionales (adobe y piedra) al igual que los techos (paja).

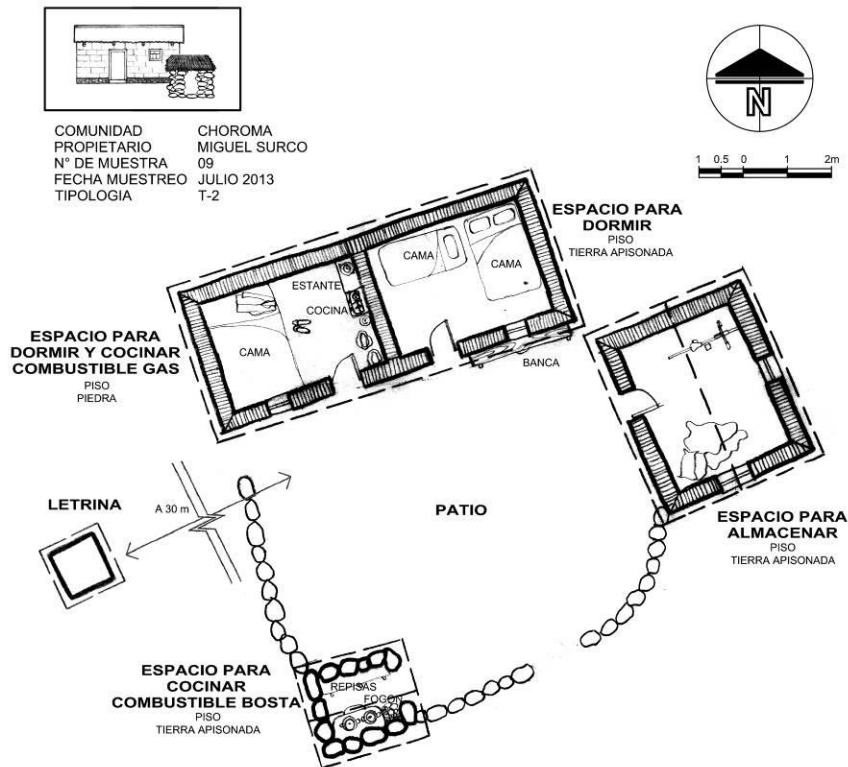


Figura 3 – Planta de una vivienda *tradicional-base* (Fuente: Elaboración propia)

El tercer tipo identificado es la tipología tradicional en transición a contemporánea (T-3) se considera como transición pues experimenta con nuevas formas volumétricas pero usa elementos de la tipología tradicional. Presenta un patio organizador y a su alrededor se distingue al menos un volumen con un espacio interior a través del cual se accede a otro espacio, es decir sin tener acceso directo desde el patio; los materiales usados pueden ser tradicionales o industriales (Figura 4).

Finalmente se logró la identificación de estrategias constructivas que sirvan como referente para que posteriores intervenciones arquitectónicas sean pertinentes y promuevan la continuidad cultural. Dentro de ellas destacan la compacidad de los volúmenes, el esquema organizacional alrededor de un patio, el área reducida de los vanos para evitar pérdidas de calor y el uso del adobe como material térmico.

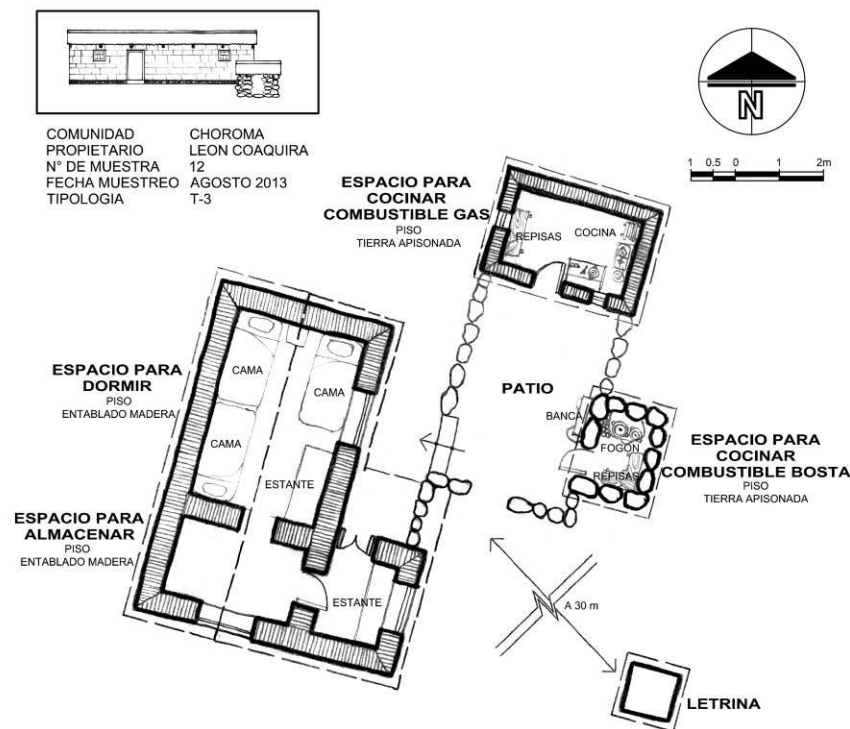


Figura 4 – Planta de una vivienda *tradicional en transición a contemporánea* (Fuente: Elaboración propia)

5. MEDIOS DE VERIFICACIÓN

Gran parte de la investigación se apoya en la información recogida en el estudio de campo, realizado de manera objetiva y concisa en visitas efectuadas durante los meses de junio y octubre entre el año 2012 y 2013. La ubicación y orientación de las cabañas fue obtenida por medio de puntos GPS, así mismo las características físicas y de función de las viviendas se determinaron mediante fotografías, encuestas y entrevistas a los pobladores y autoridades del distrito.

Los datos históricos y de actividad económica fueron recogidos de bibliografía referente a arquitectura prehispánica en los andes (Lumbreras, 2000), antropología andina (Milla, 2003) y adaptaciones del hombre al ande (Flores, 1977).

Los datos estadísticos se obtuvieron de entidades estatales peruanas como son el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, el Instituto Nacional de Estadística e Informática, indicadores realizados por el Ministerio de Salud y la Municipalidad Distrital de Santa Lucía que proporcionó la relación de pobladores del distrito por comunidad, planos topográficos, entre otras.

6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Respecto a la cosmovisión, estilo de vida y actividad económica se distingue que la esencia de los pobladores en Choroma es la relación que mantienen con los animales, dedican todo el año a su cuidado pues, sobre todo las alpacas, son animales propensos a sufrir enfermedades y morir en sus primeros meses de vida. La vivienda incluye espacios para agrupar al ganado tales como canchones o enmallados.

Los pastores pueden permanecer todo el día fuera de su vivienda para llevar a los animales

a pastar y regresar en la tarde para guardar el ganado, comer e irse a dormir. El pastoreo es una actividad familiar, muchos de los habitantes del poblado no han asistido a la escuela pero el oficio ha sido enseñado por sus familiares de generación en generación.

Los ingresos económicos son escasos, las condiciones actuales los colocan en el rango de pobreza extrema. Sus ingresos se distribuyen principalmente en alimento y herramientas para el cuidado de los animales. La comunidad no cuenta con redes de agua potable, desagüe ni alumbrado eléctrico.

El combustible para las cocinas (fogón) es la bosta. La alimentación se basa principalmente en alimentos hervidos, la ingesta de frituras es inusual, por ello los implementos de cocina solo son ollas mas no sartenes. El lavado de ollas se efectúa al exterior de la vivienda donde se utiliza agua recolectada de fuentes naturales y almacenada en baldes.

En relación a la apropiación del espacio se observó que la vivienda alpaquera, también denominada cabaña, se encuentra emplazada dentro de un amplio predio de aproximadamente doscientas hectáreas. Se sitúan cerca a fuentes naturales de agua o a caminos que conduzcan a ella, al no contar con agua potable los pobladores deben realizar recorridos diariamente para recolectarla. Cuentan con una vista panorámica hacia puntos estratégicos tales como vías asfaltadas, centro del caserío o áreas donde duerme o pasta el ganado.

La vivienda alpaquera está conformada por volúmenes independientes que cumplen distintas funciones (Figura 5). Los espacios destinados al uso familiar son el espacio para dormir, espacio para cocinar-comer y en algunos casos los espacios para dormir-cocinar-comer. Por otro lado los espacios para almacenar sirven para guardar herramientas de trabajo, pieles, entre otros. Todas las viviendas cuentan con al menos un patio que suele ubicarse entre los volúmenes techados y funciona como un espacio repartidor.

Los espacios para cocinar también son usados para comer, todas las viviendas cuentan con una cocina con combustible a bosta que incluye escaso mobiliario interior, las repisas o espacios para guardar los utensilios de cocina son improvisadas por los usuarios, del mismo modo se encuentra una tabla con dos apoyos que cumple la función de banca. Al no contar con red de agua ni electricidad no existen zonas de lavado o refrigeración en dicho espacio. Algunas viviendas cuentan con cocinas a gas y éstas se ubican en volúmenes independientes, dentro del volumen donde se ubica el fogón o dentro del espacio para dormir.

La familia nuclear pernocta en un mismo espacio para dormir, el mobiliario de este lugar incluye camas (muchas veces elaboradas por los usuarios) y algunos muebles pequeños para guardar sus pertenencias. En caso de ser una familia extendida existe más de un espacio para dormir.

La extensión de la vivienda no se restringe a los límites físicos de los distintos espacios para comer, cocinar, dormir o almacenar, pues los pastores realizan diariamente extensos recorridos junto a su ganado, o para la recolección de agua que forman parte de su espacio existencial.

Las tipologías son el resultado de la clasificación de las viviendas según los aspectos de forma, función, material y conformación espacial. La totalidad de edificaciones encontradas en esta comunidad se plantean de manera ortogonal, son volúmenes de planta cuadrangular y rectangular con techos de una, dos o cuatro aguas. Las viviendas de la tipología tradicional en transición a contemporánea presentan al menos un volumen con planta asimétrica.

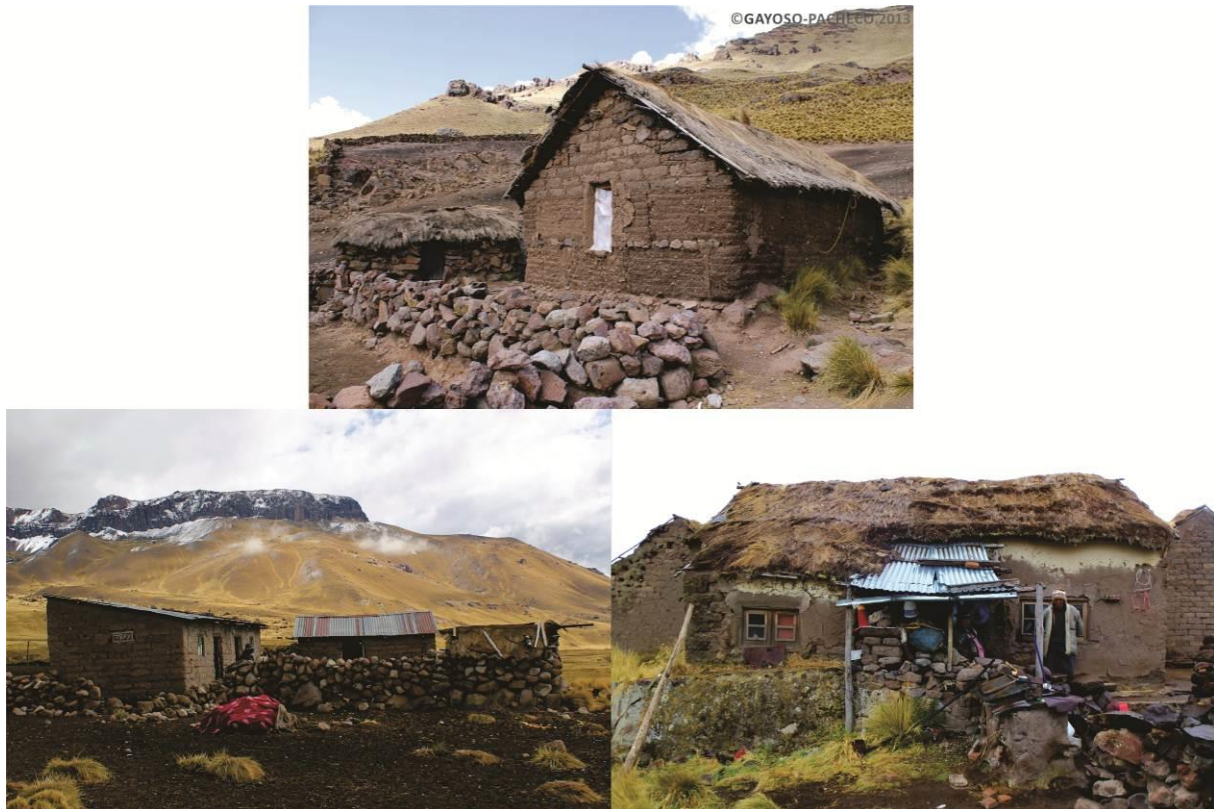


Figura 5: Cabañas de distintas tipologías en la comunidad Choroma. En la zona central superior se distingue una vivienda *autóctona*, a la derecha se observa una vivienda *tradicional* y al lado izquierdo una vivienda *tradicional en transición a contemporánea* (Fuente: Propia)

Los materiales usados en los muros de la vivienda son el adobe, con bloques de 0,30 m y 0,40 m x 0,20 m x 0,15 m, la piedra con barro y en menor escala las planchas de zinc, en casos aislados los muros cuentan con tarrajeo interior y exterior. Mientras que para los techos se usa la paja o la calamina con estructuras de madera rolliza o cepillada que en muchas ocasiones es reciclada o adaptada para dicha función. Para evitar filtraciones en los techos se usa a manera de cielo raso el costalillo (costales de rafia abiertos). Los pisos de todos los espacios para cocinar-comer y almacenar son de tierra apisonada, mientras que en algunos espacios para dormir cuentan con piso de madera. Todos los vanos son de tamaño reducido, tanto de las puertas como de las ventanas. Las puertas son elaboradas usando bastidores de madera y coberturas de hojalata. El 90% de los vanos presentan filtraciones al igual que los encuentros de muros con techo.

Los espacios para dormir son en su mayoría de adobe con techos de calamina a un agua, tienen ventanas pequeñas para permitir la iluminación interior. Los ingresos son independientes, generalmente distribuidos desde el patio, a excepción de la tipología tradicional en transición a contemporánea que presenta espacios conectados entre sí pero con un solo ingreso desde el patio.

Las cocinas que usan como combustible bosta son principalmente de piedra con techos de paja a dos aguas; no cuentan con ventanas pero debido a la gran cantidad de humo que producen al cocinar, ventilan por pequeños vanos en los muros o por el encuentro entre muro y techo. Así mismo los espacios para almacenar tienen mayoritariamente muros de piedra y techos de calamina de un agua, además son los espacios que presentan peor estado de conservación.

Finalmente se observa que el entorno modificado por el hombre se mimetiza con el medio natural (Figura 6), esto se debe en gran parte a que los materiales usados en la construcción de la vivienda han sido transformados manualmente por el hombre usando como base los recursos proveídos por la naturaleza.



Figura 6: Paisaje natural y cultural (Fuente: Propia)

7. CONCLUSIONES

Las conclusiones que se mencionan a continuación surgen como resultado de la investigación realizada, enfatizando en las viviendas, la interacción de los usuarios con su entorno y las soluciones constructivas desarrolladas. Las siguientes observaciones son orientadas para ser idealmente replicadas o tomadas en cuenta para futuras intervenciones arquitectónicas dentro del mismo escenario. Las conclusiones se enfocan en tres campos que son los siguientes:

El aspecto socio-cultural-económico, mediante el cual es posible comprender los anhelos y sueños del usuario y con ello la repercusión que tienen sobre las propiedades físicas y funcionales de la vivienda. De este campo se concluye que:

- Estudiando las particularidades sociales, culturales y económicas de un grupo humano es posible determinar las características de su vivienda, rescatables para diseñar y crear espacios habitables de acuerdo a los requerimientos del usuario, y no emplear tendencias de grupos foráneos que además de ser incompatibles pueden generar el desuso o abandono de la vivienda.
- La conformación de las viviendas se realiza mediante la auto-construcción y auto-planificación que a su vez están determinadas, además de la tradición cultural, por factores económicos. Los escasos ingresos monetarios no permiten a los pastores mejorar sus viviendas.
- El nivel de pobreza económica hace que la bosta sea el combustible más utilizado para la preparación de alimentos pues es gratuito. Los espacios para cocinar y comer son volúmenes independientes ya que el humo que se genera al cocinar contamina a los usuarios, del mismo modo, se prevén que en caso se produzca un incendio se minimicen los daños en su vivienda.
- En caso se perciban mayores ingresos monetarios, la primera intervención en la vivienda es el cambio del material de los techos. Se remplazan los techos de paja por cubiertas de calamina (plancha de zinc), ya que es considerada por los pobladores como un material de mayor durabilidad que la paja, de fácil instalación y que simboliza modernidad.
- La actividad económica a la que se dedican, el pastoreo, exige que los usuarios permanezcan largas horas fuera de su vivienda, por ello el espacio más usado es el dormitorio que también es el de mayores dimensiones.

- La cosmovisión de los pastores sitúa a los animales en un rol protagónico, son un regalo de la naturaleza y es su deber cuidarlos; por ello corrales y canchones se sitúan próximos a la vivienda.
- El patio tiene una gran importancia en la conformación de la vivienda alpaquera, su ubicación es mayoritariamente central y su uso no es solo de distribución sino que sirve para el descanso del pastor y se transforma en espacio social en caso de requerirlo.
- El uso del adobe como material de construcción está basado en el saber popular y la transmisión oral de vivencias. Los pobladores están convencidos que los espacios construidos con adobe son más cálidos que otros construidos con piedra o calamina. Contradictoriamente indicaron que si tuviesen mayores ingresos económicos preferirían cambiar el material a ladrillos de arcilla cocida ya que estos son usados en las urbes. Por todo ello es necesario considerar que las imágenes crean en el usuario ciertas expectativas pero es factible realizar diseños acordes con la cultura, con materiales favorables y que aun así cumplan con las expectativas del usuario.

Respecto a la apropiación del espacio que se desarrolla cuando el usuario genera vínculos con el espacio donde desea habitar se infiere que:

- El usuario se relaciona, integra, experimenta y plasma sus conocimientos en un medio físico, convirtiéndose en actor de su propia transformación. Esta dinámica entre usuario y espacio genera sistemas de lugares y al mismo tiempo crea espacios vivibles que formalizan aquellos conceptos pre-concebidos influenciados por sus vivencias y tradición cultural que hacen a los usuarios percibir estos espacios como suyos.
- Las formas de apropiación del espacio incluyen la concepción, planificación y ejecución de la vivienda por parte del usuario, donde se incorporan técnicas, materiales y saberes acumulados a lo largo de la historia. El pastor es auto-constructor y auto-transformador de las materias primas que les ofrece su entorno inmediato.
- El proceso de apropiación del espacio se realiza en un lapso indefinido, el tiempo y las nuevas experiencias generadas por el usuario hacen que sus imágenes e ideales cambien, por ello después de la primera etapa de apropiación concerniente a la conformación de la vivienda, se presenta la continuidad o los cambios de la misma.
- La relación entre hombre y animal hace que las actividades del usuario se realicen mayoritariamente fuera de la vivienda, esto y los recorridos realizados, hacen que la vivienda no se circunscriba únicamente a límites físicos sino también virtuales, la vivienda es ilimitada.
- El entorno modificado por el hombre se mimetiza con el medio natural (Figura 1), esto se debe en gran parte a que los materiales usados en la construcción de la vivienda han sido transformados manualmente por el hombre usando como base los recursos proveídos por la naturaleza.
- En referencia a los volúmenes de la vivienda se concluye que los espacios para dormir tienen gran flexibilidad de usos, pueden albergar una cocina siempre que el combustible sea gas. Si el espacio se desgasta rápidamente con el paso del tiempo puede transformarse en un almacén. Es el espacio más importante de la vivienda, que además de ser el más usado, es el envolvente y protección del usuario.
- El espacio para cocinar que tiene como combustible la bosta, es el segundo espacio más usado. Si se deteriora puede convertirse en almacén o quedar en desuso pero nunca adoptará la función de dormitorio.
- Los almacenes son espacios útiles y necesarios pero son los que menor cuidado requieren, la prioridad son los espacios para dormir.

- El mayor problema encontrado en la conformación de la vivienda es la falta de acceso a servicios básicos tales como agua potable, desagüe, electrificación, etc. Que genera condiciones insalubres de vida.

Respecto a las estrategias constructivas, que indican las tácticas que han aplicado los usuarios para adaptarse al medio y soportar las inclemencias climáticas, se determina que:

- Los volúmenes que albergan espacios para dormir son compactos, presentan muros de adobe de gran espesor y vanos de pequeñas dimensiones, por lo que deberían hacerlos cálidos. La razón de que esto no suceda en la actualidad se debe a la gran cantidad de filtraciones existentes no solo en los vanos sino también en el encuentro de muros y techo.
- Los muros de adobe de gran espesor usados en las viviendas, son favorables principalmente por tres motivos. En primera instancia, porque al ser la tierra un material con gran retraso térmico, absorbe la energía calorífica del sol durante el día por la superficie exterior del muro y la transmite lentamente hacia el interior, generando un retraso de aproximadamente 8 horas. Esto es favorable por la gran diferencia de temperatura entre el día y la noche. En segunda instancia porque se puede elaborar con materiales propios del entorno sin generar contaminación, siendo sustentable en el tiempo. Finalmente porque resulta ser un material culturalmente aceptado y económico.
- La falta de acabados (tarrajeo) en los muros de adobe hace que estos erosionen y se desgasten con mayor facilidad.
- El uso de muros de piedra en los espacios para cocinar-comer (usando bosta como combustible) se debe primordialmente a su resistencia en caso de incendios.
- Los fogones no cuentan con chimenea por lo que el humo producido al cocinar hace que los espacios para cocinar-comer sean ventilados por medio de aberturas sobre las puertas, además de pequeños orificios en los muros.
- Existe una marcada tendencia por usar planchas de zinc (calamina) como material en los techos. Para los pobladores simboliza progreso y modernización además de ser considerados más duraderos y de bajo mantenimiento. Sin embargo dicho material, sin ningún tipo de aislamiento, solo genera pérdidas de calor en las horas más frías (durante la noche).
- Los techos en los espacios para dormir se presentan de calamina a un agua con un ángulo de inclinación de 11°; en los espacios para cocinar-comer son principalmente de paja a dos aguas con un ángulo de inclinación de 28°, así como también los hay en menor cantidad de cuatro aguas con un ángulo de 41° y finalmente en los espacios para almacenar son de calamina a un agua con un ángulo de inclinación de 10°. Los techos de calamina están en el rango adecuado (10°), caso contrario los techos de paja sean de dos o cuatro aguas deberían tener un ángulo de inclinación de aproximadamente 45°.
- Todos los pisos de los espacios para cocinar y almacenar son de tierra apisonada, mientras que en los espacios para dormir representan más del 90%. El ideal para los pastores es que los pisos de los espacios para dormir sean de madera machihembrada asentada sobre una base de piedra, procurando dejar una capa aire entre la piedra y la madera, para así aislar la humedad del suelo, evitar que el calor del interior de las viviendas se pierda y además, al ser madera en ves de tierra apisonada, sea más fácil de limpiar. El motivo para que este cambio no se genere es la falta de ingresos económicos.
- El material de las ventanas (vidrio con perfil metálico en la mayoría de casos) y las filtraciones que estas presentan, genera pérdida de calor en el interior de las viviendas por las noches. Por ello es favorable que los vidrios sean fijos con marcos de madera y de preferencia con contraventanas.

Se concluye que la concepción de la vivienda alpaquera está en transición pues los usuarios, condicionados por su capacidad económica, no se sienten satisfechos completamente con las tres tipologías que actualmente desarrollan y siguen experimentando a fin de conseguir una arquitectura que responda de manera más eficiente a su estilo de vida y además los proteja de las condiciones climáticas imperantes.

Por ello, tomando en consideración los elementos arquitectónicos y culturales identificados en el presente estudio de la vivienda alpaquera altoandina, es posible realizar intervenciones arquitectónicas e incluso una nueva tipología de vivienda *contemporánea* que respete los ideales y anhelos del usuario, mezclado sus patrones culturales y el saber ancestral con técnicas constructivas que permitan disminuir las pérdidas de calor al interior de las viviendas y el desgaste de los muros por erosión ante las lluvias.

Finalmente es fundamental, considerando que el pastor tiene un rol activo en el proceso de apropiación del espacio, que cualquier intervención a realizar en un escenario similar, el usuario debe formar parte e intervenir en el proceso de diseño, planificación y ejecución participativa empleando la mano de obra local.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Caniggia, G.; Mafferi, G. (1995). *Tipología de la edificación: Estructura del espacio antrópico*. (Margarita García, Trad.) Madrid: Celeste ediciones, 192 p.

Flores, J.; (Comp.). (1977). *Pastores de Puna: uywamichiq punarunakuna*. Lima: IEP ediciones, 305 p.

Lumbreras, L. (2000). *Reinos y señoríos Aymaras y Quechuas (Siglos X-XV d.C.)*. Lima: IFEA: Lluvia Editores, 62 p.

Milla, C. (2003). *Ayni: Semiótica andina de los espacios sagrados*. Lima: Universidad de San Martín de Porres. Facultad de Ingeniería y Arquitectura: Asociación Cultural Amaru Wayra, 278 p.

Muntañola, J. (2001). *La arquitectura como lugar*. México D.F.: Alfaomega, 223 p.

Rapoport, A. (2003). *Cultura, arquitectura y diseño* (Primera ed.). Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya, 212 p.

Currículos

Magaly del Pilar Gayoso Carranza, Bachiller Arquitecta. Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Ricardo Palma, Lima-Perú.

Orlando Carlos Pacheco Zúñiga, Bachiller Arquitecto. Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Ricardo Palma, Lima-Perú.

O CONFORTO DA HABITAÇÃO DE TERRA

Leonardo Ribeiro Maia

Departamento de Tecnologia de Arquitetura da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (USP).
Membro da rede TerraBrasil. leonardo.maia@bol.com.br

Palavras-chave: conforto, habitação, arquitetura de terra, casa

Resumo

Este artigo propõe a discussão do conforto ambiental da habitação edificada com terra, de maneira holística, tratando do conforto do corpo físico e do conforto da alma enquanto prazer, bem estar, cultural e psíquico. Discute as questões subjetivas que envolvem o conforto do ser humano e o prazer de estar em um lugar. A revisão bibliográfica dos objetos da análise, conforto, habitação e terra, foi realizada em diversas áreas, como arquitetura, filosofia, história, medicina, biologia, química e psicologia. O artigo foi desenvolvido em quatro 'dimensões', tratando o conceito de conforto de forma ampla e apresentando seu envolvimento com a memória, percepção, fisiologia, espacialidade e conforto físico e psicológico. Essas dimensões são: a) natural / genética: trata o homem enquanto elemento da natureza, como a terra, através da memória genética relacionada à origem e intuição; b) espacial: trata da habitação enquanto espaço do descanso, da segurança, do prazer; c) psicológica: aborda a percepção e a apropriação do espaço através da identificação simbólica da habitação em terra; d) fisiológica: abrange questões fisiológicas do corpo humano e o conforto possibilitado pelas edificações em terra através de suas propriedades físicas. Verificou-se que a habitação construída com terra proporciona mais do que a neutralidade ('não desconforto') oferecida pelas construções convencionais atuais: proporciona aos moradores o prazer, bem-estar, expansão e expressão de seu corpo e cultura e expansão de suas emoções e sentimentos. Conclui que a habitação de terra ultrapassa a função de moradia do corpo: ela evoca os sentidos e sentimentos humanos e emociona.

1. INTRODUÇÃO

Por que se sente confortável numa casa construída com barro? Por que é tão convidativo tomar um café com uma boa conversa ali, diferente de outros lugares? Certamente essas questões não têm respostas absolutas, muito menos objetivas. Esse artigo propõe discutir as questões subjetivas que envolvem o ser humano e o prazer de estar em um lugar.

A terra é um dos materiais de construção naturais mais abundantes e largamente utilizados em todo o mundo, desde que o homem iniciou a construção de seu habitat (Minke, 2001). Como a maioria dos materiais naturais, a terra pode auxiliar a minimizar, onde for viável, a falta de moradia e/ou a baixa qualidade da habitação da população de baixa renda (entendido aqui enquanto conforto ambiental e qualidade de vida), quando exploradas as suas qualidades e vantagens, como a abundância do material, a trabalhabilidade, as características físicas relativas a condições ambientais de temperatura e umidade, etc. O conforto ambiental possibilitado pela habitação de terra, por meio de um projeto aderente às características deste material, pode suprir as necessidades térmicas e promover, além do 'não desconforto', o prazer aos seus ocupantes.

Neste artigo, utilizou-se como metodologia a revisão bibliográfica do tema de conforto e da construção em terra nas diversas áreas de abrangência do assunto, não somente na arquitetura e construção. Filosofia, história, medicina, biologia, química e psicologia, também, foram fontes de conhecimento. O artigo foi desenvolvido em quatro temáticas principais, tratando o conceito de conforto de forma holística e apresentando conceitos que envolvem memória, percepção, fisiologia, espacialidade e conforto físico e psicológico de maneira ampla. Essas temáticas, chamadas aqui de 'dimensões', serão: natural / genética, espacial, psicológica e fisiológica.

Após as discussões e apresentações de bibliografias referentes a cada dimensão, será apresentada a análise em conjunto das dimensões.

2. DIMENSÃO NATURAL / GENÉTICA

A memória genética e as experiências passadas fornecem ao ser humano um conceito de conforto externo ao corpo físico; estão no psíquico, ligado à consciência interna de si. A memória genética é a memória herdada através do código genético que vem a influenciar o comportamento humano. Essa memória proporciona conforto enquanto segurança e proteção quando relacionados à origem, na sua forma mais primitiva. Pallasmaa (2011, p. 57) reforça esse conceito quando fala das "nossas sensações de conforto, proteção e lar [que] estão enraizadas nas experiências primitivas de incontáveis gerações".

Segundo Morin (1974), desde Darwin, o homem sabe que é filho de primatas, porém não se considera um primata. Foi convencido da fuga de sua árvore genealógica tropical de seus antepassados, construindo o reino independente da cultura, fora da Natureza. Por outro lado, o jovem Marx, em seu manuscrito de 1844, afirmava que "o primeiro objeto do homem - o homem - é natureza" (Morin, 1974, p.19). Mais recentemente, a ciência concebeu a noção de ecossistema, no qual uma comunidade de seres vivos num espaço constitui uma unidade global. Dessa maneira, é possível considerar a Natureza um organismo global, onde o homem está inserido e faz parte de seus sistemas de restrições, interações e interdependências. Morin (1974) afirma que a dependência/independência ecológica do homem se encontra em dois graus sobrepostos e interdependentes, que são o do ecossistema social e o do ecossistema natural.

Buscando ligações mais claras da origem do homem com a natureza, pesquisadores do Instituto Médico Howard Hughes e do Hospital Geral de Massachusetts, em Boston, encontraram indícios de que a vida teria surgido na argila. Segundo o estudo, a montmorilonita (um dos tipos de argila, formado basicamente por camadas de sílica, SiO_2 , e hidróxido de alumínio $\text{Al}_2(\text{OH})_3$), participa da formação de depósitos gordurosos e ajuda as células a compor o material genético chamado RNA (ácido ribonucleico), indispensável para a origem da vida. A argila pode ser o catalisador das reações químicas para a criação do RNA a partir dos nucleotídeos (Hanczyc et al, 2003).

Em um estudo mais recente, na mesma linha de pesquisa, um grupo liderado por pesquisadores da Universidade de Cornell (EUA) descobriu que a argila forma um hidrogel que possui muitos microporos capazes de absorver líquidos e inchar, sem se dissolver. Esses pequenos espaços proporcionam a proteção adequada para facilitar os processos químicos complexos, permitindo a síntese de proteínas, DNA, até que as primeiras membranas celulares começaram a se formar (Yang et al, 2013).

A 'intuição' de que a vida e o homem foram gerados a partir da terra não é nova. Na mitologia grega e romana, pilares da cultura ocidental, encontra-se a origem do homem nos diversos poemas épicos. O poeta Hesíodo (~ 750-650 a.C.) conta que após Prometeu roubar o fogo celeste e entregar aos mortais, Zeus, irado, dá aos homens uma mulher (Pandora), e com ela, o fim da criação dos homens pelos deuses, agora pela procriação sexual (Hesíodo, 1996, p. 27, v.59 - 63):

Disse assim e gargalhou o pai dos homens e dos deuses;
ordenou então ao ínclito Hefesto muito velozmente
terra à água misturar e aí pôr humana voz e
força, e assemelhar de rosto às deusas imortais
esta bela e deleitável forma de virgem.

Bulfinch (2006, p. 23), um dos autores mais respeitados em assuntos mitológicos, cita, numa versão diferente. Após um deus separar o ar das águas e da terra, e depois de criar todos os animais, necessitou de "um animal mais nobre, e foi feito o Homem. Prometeu tomou um pouco dessa terra e, misturando-a com água, fez o homem à semelhança dos deuses".

A memória genética da criação da humanidade a partir da terra também se mostra nos livros sagrados das religiões judaico-cristãs e islâmicas. No primeiro livro da Bíblia Sagrada, a

Gênese, Deus criou o homem no sexto dia e o mandou povoar toda a terra: "Então, formou o Senhor Deus ao homem do pó da terra, e soprou em suas narinas o fôlego da vida, e o homem passou a ser alma vivente." (Bíblia, Gênese 2:7, 1993, p. 3).

Segundo o livro sagrado islâmico, o Alcorão, o homem (Adão) foi criado a partir de uma porção de barro contendo todas as suas variedades na Terra. Anjos foram mandados por Deus a todos os locais para coletar os punhados de terra, e assim os descendentes de Adão teriam aparências, atributos e qualidades diferentes. "Recorda-te de quando o teu Senhor disse aos anjos: 'De barro criarei um homem. Quando o tiver plasmado e alentado com o Meu Espírito, prostrai-vos ante ele.'" (Alcorão, 2010, 38:71-72). Em outra passagem, o Alcorão refere-se à Lúcifer, que, se negando reverenciar a criação divina, é expulso do Paraíso:

Todos os anjos se prostraram. Menos Lúcifer, que se negou a ser um dos prostrados. Disse (o Senhor): Ó Lúcifer, que foi que te impediu de seres um dos prostrados? Respondeu: 'É inadmissível que me prostre ante um ser que criaste de argila, de barro modelável.' Disse (o Senhor): 'Vai-te daqui (do Paraíso), porque és maldito! E a maldição pesará sobre ti até o Dia do Juízo (Alcorão, 2010 15:30-35).

Os primeiros abrigos do homem para se proteger das intempéries foram os naturalmente construídos (cavernas) ou construídos com materiais naturais disponíveis na região, como folhas, madeira, pedras e a própria terra. Construções em terra foram edificadas em quase todas as civilizações passadas e estiveram em todos os continentes do planeta. Desde as primeiras civilizações, entre o Nilo, o Tigre e o Eufrates, a terra é, ainda hoje, um dos principais materiais de construção utilizados para edificar casas e edifícios, tanto na zona rural quanto nas cidades (Houben; Guillaud, 1995). As técnicas de construção que utilizam a terra como matéria prima foram transmitidas através do conhecimento popular e da tradição, geração após geração. Houve também transferências de conhecimento através das invasões e colonizações, nas quais um povo entrava em contato com novas tecnologias ou diferentes formas de execução trazidas pelos estrangeiros, unindo o saber local com o novo conhecimento, e assim, gerando novas e variadas combinações entre elas (Neves, 2011, p. 9).

Na arquitetura, Pallasmaa (2011, p. 30) afirma que os materiais de construção atuais não reforçam o senso de materialidade, essencial para o conforto enquanto proteção; já os materiais naturais "deixam que nossa visão penetre em suas superfícies e permitem que nos convençamos da veracidade da matéria". O autor lembra, ainda, de outro fator de ligação do homem com a natureza: a temporalidade (Figura 1). Os materiais naturais contam sua origem e seu uso histórico pelo homem, além de expressar história e idade.

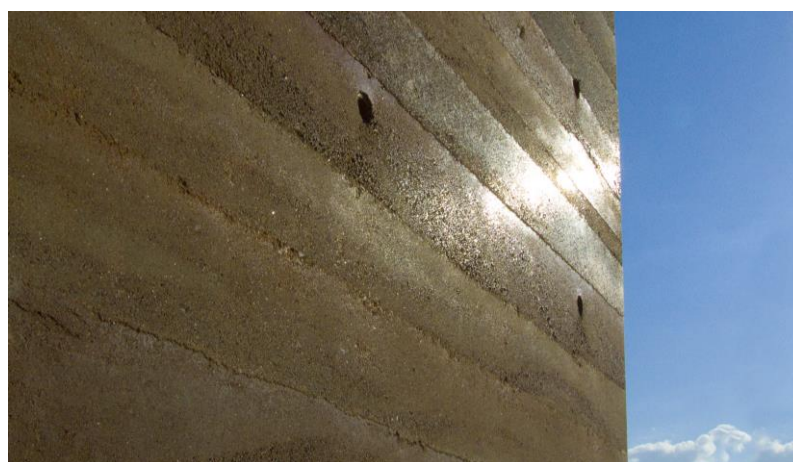


Figura 1: Parede construída na técnica de taipa de pilão numa casa em São Paulo. Suas camadas simulam os horizontes do solo, formados pelo intemperismo secular. (Fonte: arquivo do autor).

3. DIMENSÃO ESPACIAL

Nesta etapa, será tratado o conforto enquanto reduto do descanso, do devaneio; a ideia de conforto será ligada ao sonho e à imaginação. Com a necessidade de abrigo, de acolhimento, de segurança, o homem construiu sua habitação. "A casa acolhe, atende a um conjunto de necessidades básicas de segurança, envolvimento, orientação no tempo e principalmente, no espaço." (Schmid, 2005, p.13).

A habitação é o lugar onde se pode melhor entender o significado do conforto. É nela que se encontra o lugar seguro, de acolhimento, de abrigo. "A casa é o nosso canto do mundo. Trata-se – como muitas vezes é dito – o nosso primeiro universo." (Bachelard, 1965, p. 34). Ela é a primeira referência espacial fora do útero materno. Esse último é o local de maior proteção já desfrutada pelo homem e que permanece em seu inconsciente no ideal de conforto.

Na casa, o conceito de conforto assume vários significados, desde as necessidades de segurança, prazer, privacidade e proteção por ali estar, mesmo quando uma tempestade se aproxima. "A ideia de estar acolhido enfatiza o elemento protetor do conforto" afirma Schmid (2005, p. 29). A simples expectativa de voltar para casa depois de um dia de trabalho conforta e anima. "É como se oferecesse consolo interminável ao ser humano, lançado no mundo" diz Schmid (2005, p.13). Pallasmaa (2011, p.55), citando Bachelard, escreve que somente aqueles que aprenderam a aconchegar-se conseguem "habitar com intensidade".

Ao chegar à habitação e fechar a porta, abre-se uma dimensão completamente diferente daquela que se deu as costas. É como estar num outro mundo, num mundo natural feito pelo habitante. A casa, diferente do trabalho ou da cidade como um todo, traz a sensação de segurança e bem estar. A cidade não é percebida como um elemento natural, mas sim um elemento construído pelo homem. Spiro (1995, p. 21) fala sobre a natureza da cidade: "a crença de que a cidade é uma entidade separada da natureza, e até contrária a ela, dominou a maneira como a cidade é percebida e continua a afetar o modo como ela é construída". Ao contrário da rua, dentro da casa é possível usufruir do prazer de fazer o que quiser, sem preocupações de julgamentos alheios. Schmid (2005, p. 33) cita a "privacidade como uma das primeiras exigências do conforto", nos Países Baixos do século XVII.

A terra - enquanto material de construção em si - não torna uma habitação confortável; é o espaço que tem essa responsabilidade. O material pode alimentar estímulos sensoriais que enriqueçam o espaço e o permitam reforçar a percepção de acolhimento, privacidade, prazer, segurança, humanidade.

Fora dos abrigos naturais e "tocas", o homem construiu sua habitação com os materiais que tinha à mão: terra, pedra, madeira, palha, folhas, etc. Geração após geração, as técnicas de construção foram se aprimorando, novas tecnologias foram desenvolvidas e a habitação mantinha e reforçava seu conceito de conforto enquanto proteção das intempéries, segurança, privacidade. Porém, as edificações que utilizam materiais "modernos" não possuem o mesmo conceito de materialidade e temporalidade descrito acima. Segundo Bloomer e Moore, citados por Pallasmaa (2011, p. 38), as habitações atuais não possuem "as transações potenciais entre corpo, imaginação e ambiente".

As proporções do corpo humano orientam as construções das culturas tradicionais e a arquitetura vernácula, especialmente aquelas feitas em terra. Segundo Pallasmaa (2011, p. 25) "as obras de arquitetura autóctones em argila e barro, de várias partes do mundo, parecem nascer dos sentidos musculares e táteis, mais do que dos olhos". Uma habitação de terra torna-se confortável e aconchegante ao proporcionar ao usuário a sensação de construção feita por mãos humanas, quase como um artesanato. Exemplo marcante dessa arquitetura são as casas 'obos' da tribo Musgum, etnia do norte de Camarões, que utilizando a técnica de terra esculpida ou modelada realiza através da manipulação direta da matéria-prima em estado plástico, sem a utilização de formas ou equipamentos (figura 2). As edificações são construídas com as mãos nuas ou com poucas ferramentas simples e revelam a beleza das ilimitadas formas arquitetônicas e acabamentos, bastante caracterizada pelas forma (Houben; Guillaud, 1991).

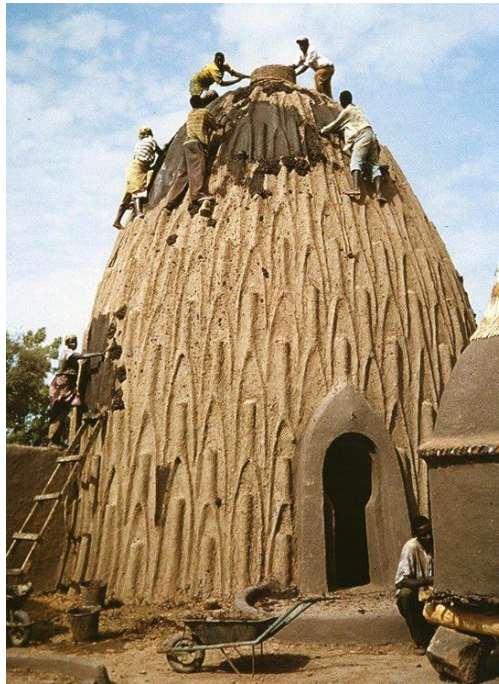


Figura 2: Construção de uma casa "obo", no norte de Camarões. (Fonte: <http://arquitecturasdeterra.blogspot.com.br/2010/03/arquitettura-musgumcamaroes.html> , acessado em 12.05.2014).

4. DIMENSÃO PSICOLÓGICA

A psicologia ambiental, como ensina Morata e Pol (2005), aborda as ligações entre as pessoas e os espaços, como uma construção social dos lugares, e destaca como principais conceitos o espaço, a identidade e o apego simbólico do lugar.

Conforme afirma Schmid (2005, p. 28), "os contextos psico-espiritual e sociocultural estão intrinsecamente ligados à expectativa que as pessoas normalmente têm de uma edificação". A terra como material de construção natural traz o homem de volta as origens: na natureza (a Mãe Terra - útero), na origem sagrada (mitologia, religiosidade) e na origem científica (argila como formação dos primeiros indícios de vida). Ainda segundo Schmid (2008, p. 111), "as emoções funcionam como chaves de memória".

A percepção do espaço é atingida através dos estímulos sensoriais. Merleau-Ponty (2006) afirma que essa percepção dos espaços não é percebida pelos sentidos separadamente, mas sim em seu conjunto (estímulos materiais), e esses são influenciados pelas experiências passadas e expectativas ou desejos futuros (estímulos imateriais). Assim, o tato percebe a textura da terra, o olfato o cheiro dela e a liga à memória. Os sons são reverberados nas superfícies das construções naturais de maneira diferente das outras. "Nunca vivo inteiramente nos espaços antropológicos, estou sempre ligado, por minha raízes, a um espaço natural e inumano." (Merleau-Ponty, 2006, p. 393)

A apropriação – entendida aqui como interiorização da prática humana – do espaço é atingida através de duas principais vias complementares: a ação-transformação e a identificação simbólica. Segundo Morata e Pol (2005), a primeira relaciona territorialidade e espaço pessoal ao considerar a apropriação com um conceito subsidiário da territorialidade. A identificação simbólica é vinculada com processos afetivos, cognitivos e interativos. A apropriação do espaço é um processo dialético no qual se vinculam as pessoas e os espaços, dentro de um contexto sociocultural. Sendo a apropriação do espaço uma relação interdependente, e recíproca, do homem e o objeto (a casa), quando o homem não se identifica com o objeto, este último se aliena.

Na aldeia de Tera, na África, a cerimônia de casamento inclui a construção da casa do novo casal. O ancião escolhe a localização da edificação e toda a comunidade participa da construção, das crianças até os mais velhos (Katigura; Aganachi, 2014). Desde a

manufatura dos adobes, seu assentamento, passando pelo revestimento das paredes até o acabamento, cada pessoa da tribo executa uma tarefa, cantando e abençoando o novo casal (figura 3). A apropriação do espaço aqui se faz no nível da casa e no nível da comunidade. A identificação simbólica entre o casal e a casa (e entre as pessoas da tribo e a aldeia) está vinculada à gratidão pelo presente (a edificação) e pelo simbolismo das formas desenhadas e esculpidas nas paredes que simbolizam proteção.



Figura 3: As mulheres da aldeia de Tera rebocam as paredes da casa do novo casal Katigura e Aganachi, em sua cerimônia de casamento. (Fonte: Katigura; Aganachi, 2014).

O arquiteto argentino Jorge Belanko afirma que a família deveria construir sua própria casa (El barro, 2006), demonstrando o significado simbólico de participar da edificação da morada, estreitando os laços afetivos com a casa desde o momento inicial. Nesse sentido, a apropriação do espaço é atingida pelas duas vias citadas por Morata e Pol (2005): na ação-transformação enquanto elemento modificador da terra em parede (construtor) e na identificação simbólica, processo de interação entre o objeto com a pessoa que cria o vínculo cognitivo e emocional.

5. DIMENSÃO FISIOLÓGICA

O conforto fisiológico (térmico) é mais fácil de quantificar, ainda que sua avaliação seja subjetiva. Estar confortável termicamente em relação a um acontecimento num espaço, observando-o ou sentindo-o, implica em não ter preocupação ou incômodo. O conforto térmico é obtido quando o organismo produz calor através do metabolismo (compatível com sua atividade física) numa taxa equivalente à perda para o ambiente, sem necessitar de nenhum mecanismo de termorregulação. Portanto, se estar num ambiente confortável termicamente quando se tem uma relação de neutralidade, porém sua avaliação é subjetiva.

A pele é o principal órgão responsável pelo regulamento da temperatura do corpo, chamada termorregulação (a respiração também tem papel nesse mecanismo). Segundo Frota e Schiffer (2009), ao sentir desconforto térmico, é ativado o mecanismo vasomotor do fluxo sanguíneo (vasodilatação ou vasoconstrição). A resistência térmica da pele varia em função do fluxo sanguíneo que a percorre, regulando sua temperatura. Além desse, há "outro mecanismo de termorregulação da pele [que é] a transpiração ativa" (Frota; Schiffer, 2009, p. 23).

Além disso, a pele é um dos órgãos receptores dos estímulos do tato. Esse sentido é tido como o "pai de todos os sentidos", segundo opinião do antropólogo Ashley Montagu, citado por Pallasmaa (2011, p. 10), que, também, afirma que a pele

é nosso órgão mais antigo e mais sensível, nosso primeiro meio de comunicação e nossa protetora mais eficiente... Até mesmo a córnea transparente dos olhos é coberta por uma camada de pele modificada... O tato é pai de nossos olhos, nosso nariz, nossa boca. Ele é o sentido que se especializou e gerou os demais, algo que parece ser reconhecido pelo fato de ser considerado há muito tempo 'o pai de todos os sentidos.

Por outro lado, Merleau-Ponty (2006) argumenta que o indivíduo percebe os estímulos com todos os sentidos humanos juntos. Cita que, ao ouvir a palavra 'quente' ou 'úmido', um sujeito experimenta um sentimento de calor ou frio, e seu organismo se prepara para o referido evento.

Assim, o organismo percebe o 'espaço térmico' através dos sentidos e, somando algumas variáveis tais como vestimenta, taxa metabólica, atividade, aclimação, expectativa climática entre outras, pode-se dizer se está ou não em conforto térmico. Ainda que exista a avaliação subjetiva do conforto térmico (algumas pessoas preferem sentir mais frio ou calor que outras num mesmo ambiente), índices de conforto térmico conseguem indicar uma maior predileção das variáveis ambientais mais importantes, como temperatura, velocidade e umidade do ar.

As habitações de terra possuem características térmicas muito favoráveis à manutenção da temperatura e umidade relativa internas mais estáveis. Conforme Minke (2001), a terra tem a capacidade de absorver e repelir umidade mais rapidamente e em maiores quantidades do que outros materiais de construção, oferecendo maior estabilidade da umidade relativa do ar em relação à externa. Um estudo alemão feito numa habitação contemporânea mostrou que em aproximadamente oito anos de medição, a umidade relativa do ar em seu interior foi de 50% durante todo o ano, com variação entre 5% e 10%, oferecendo condições de vida mais saudáveis. A umidade relativa do ar entre 50% e 70% tem muitas influências positivas para o homem: reduz o teor de poeira fina no ar, ativa os mecanismos de proteção da pele contra os micróbios, reduz a vida de muitas bactérias e vírus e reduz odores e eletricidade estática nas superfícies dos objetos (Minke, 2001).

Ainda segundo Minke (2001), habitações construídas em terra crua podem armazenar calor por ser um material denso, com resistência térmica relevante. Em regiões onde a amplitude térmica é alta, a terra pode balancear a temperatura dos ambientes interiores por vias passivas, diminuindo a quantidade de energia necessária à climatização artificial (Minke, 2001). Fathy (1986) cita um experimento feito no Cairo com seis modelos de dimensões idênticas e materiais construtivos diferentes. O resultado dos dois exemplares mais extremos é apresentado na Figura 4: o primeiro foi construído com adobe com 50 cm de espessura e o segundo com placas de concreto pré-fabricadas de 10 cm de espessura. Enquanto a amplitude térmica do ar externo foi de 13°C, a variação da temperatura interna no modelo de terra foi de 2°C e no modelo de concreto de 16°C, tendo seu pico de temperatura quase 5°C acima da maior temperatura do ar externo.

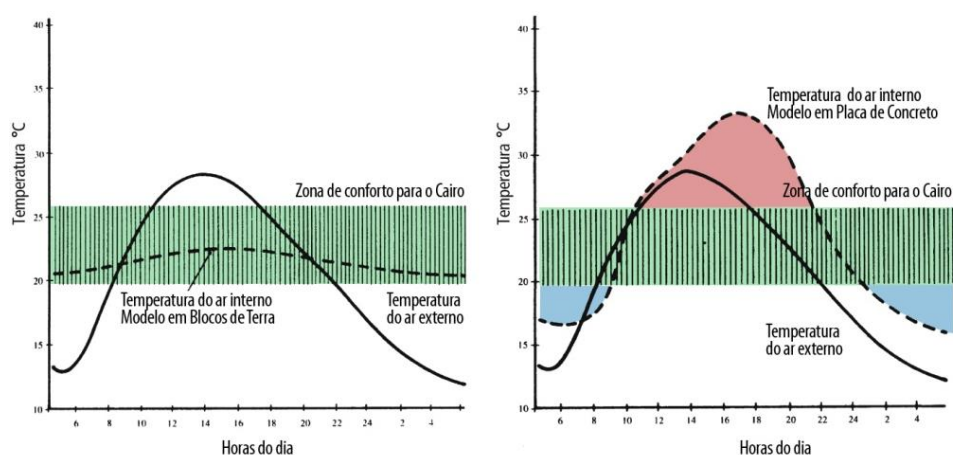


Figura 4: Comparação da flutuação das temperaturas do ar interna e externa para dois modelos construídos no Cairo. (Adaptado de Fathy, 1986, p. 78-79).

O contraste pode ser explicado pelo fato de que o concreto tem condutividade térmica de 0,9, enquanto a de adobe é 0,4, e que a parede de adobe é cinco vezes mais espessa do que a painéis pré-fabricados. Além disso, a parede de adobe tem uma resistência térmica mais de 13 vezes maior que a parede de concreto pré-fabricado.

6. REFLEXÕES FINAIS

As construções em terra foram as primeiras soluções de abrigo do homem a partir do momento em que ele desenvolveu sua atividade de forma sedentária. Esse tipo de edificação constitui, portanto, num dos saberes mais antigos de conhecimentos relacionados com a forma de dominação do território. A preservação e desenvolvimento do uso deste material, através da tradição oral ao longo da história, permitiram a sua adaptação ao longo do tempo e, hoje, faz parte do patrimônio cultural que identifica diversas culturas.

A moradia construída com esse material tão abundante em diversas regiões do planeta, a terra, oferece conforto aos seus ocupantes de maneira integral: conforto do corpo e da alma. Além das normas que regulam o 'não desconforto' e do ensino puramente físico e térmico da academia, o conforto ambiental deve ser levado a um outro patamar de estudo. A afirmação de Schmid deixa claro esse conceito: "a caracterização de conforto ambiental sob uma perspectiva holística inclui (...) a conveniência, o encanto e a leveza" (Schmid, 2005, p. 37). E vai além quando cita o conforto superando a linha da neutralidade, no nível da transcendência, que "está inseparável do prazer, do êxtase, na extremidade oposta à do sofrimento, e aumenta sem limites aparentes. Talvez não se consiga mais quantificá-lo" (Schmid, 2005, p. 30).

A pouca significação das construções convencionais atuais e o pouco estímulo ao corpo e aos sentidos humanos da arquitetura contemporânea (que é praticamente visual) reforçam o conceito muito utilizado por Le Corbusier da 'máquina de morar'. Esse espaço é frio e utilitário, bastante neutro em relação às emoções humanas, habitado por "pessoas desconfortavelmente instaladas no que toca à satisfação estética dos sentidos, dentro de um ambiente geometricamente asséptico" (Schmid, 2005, p. 19). Ele faz referência explícita ao racionalismo, à masculinidade da indústria, oposta à característica feminina do lar que é carregada de apego às emoções e aos sentidos. Materiais de construção como concreto e aço transmitem ao espaço a sensação de frieza, dureza e artificialidade. Para Duarte Jr. (2000, p.82), a máquina de morar trouxe "um espaço bem pouco expressivo e acolhedor, tornando-nos, em seu interior, pessoas desconfortavelmente instaladas no que toca à satisfação estética de nossos sentidos."

Assim como os sentidos estão todos ligados e conectados (Merleau-Ponty, 2006), a memória, a percepção, o corpo físico e psíquico também estão e experimentam as sensações das dimensões acima descritas juntas e ao mesmo tempo.

As "propriedades" sensoriais de uma coisa constituem em conjunto uma mesma coisa, assim como meu olhar, meu tato e todos os meus outros sentidos são em conjunto as potências de um mesmo corpo integradas em uma só ação. (Merleau-Ponty, 2006, p. 426)

A apropriação do espaço da habitação construída em terra é também vinculada a identificação simbólica entre o homem e a casa. Ela pode ocorrer quando o material natural conta sua origem (dele e do homem) e pela afeição ao objeto casa construído de uma forma significativa aos ocupantes.

Le Corbusier também afirmou que a 'arquitetura é para emocionar'. A habitação de terra pode proporcionar essa emoção, pois o conceito de conforto apreendido pelo morador se expressa pelo prazer, pelo bem estar, pelo consolo do espírito, pela expansão de seu corpo e cultura e expansão de suas emoções e sentimentos. Nas palavras de Pallasmaa (2011, p. 11), "a arquitetura significativa faz com que nos sintamos como seres corpóreos e espiritualizados".

Dessa forma, visto que este artigo não pretende encerrar o assunto sobre o tema, mas apresentar novas questões como uma porta para sua discussão, sugere-se, portanto, que se aprofunde essas questões em novos estudos contribuindo para o desenvolvimento científico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCORÃO. (2010) *Alcorão: livro sagrado do islã*. Rio de Janeiro: Edições de bolso, 490p.
- BACHELARD, G. (1965). *La poética del espacio*. México D.F.: Fondo de Cultura Económica, 281p.
- BÍBLIA. (1993) *A Bíblia Sagrada*. Tradução de João Ferreira de Almeida. 2ª ed. Barueri - SP: Sociedade Bíblica do Brasil.
- BULFINCH, T. (2006). *O livro de ouro da mitologia: histórias de deuses e heróis*. Tradução de David Jardim. 34 ed. Rio de Janeiro: Ediouro, 355p.
- DUARTE JR., J. F. (2000). *O sentido dos sentidos: a educação (do) sensível*. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Educação. 234p.
- EL BARRO, las manos, la casa* (2006). Direção: Gustavo Marangon. Argentina: El Bolson Producciones. DVD (115 min).
- FATHY, H. (1986). *Natural energy and vernacular architecture, principles and examples with reference to hot arid climates*. Chicago: The University of Chicago Press, 173p.
- FROTA, A. B., SHIFFER, S. R. (2009). *Manual de conforto térmico*. 8. ed. São Paulo: Studio Nobel, 243p.
- HANCZYC, M. M.; FUJIKAWA, S.y M.; SZOSTAK, J. W. (2003) Experimental Models of Primitive Cellular Compartments: Encapsulation, Growth, and Division. *Science* 302: 618-622. Disponível em: <http://www.sciencemag.org/content/302/5645/618.abstract?sid=778085b9-567d-4560-b02d-dbf8ed6d761f>. Acesso em 20/10/2013.
- HESÍODO. (1996) *Os trabalhos e os dias (Primeira Parte)*. Trad., int. e com. de Mary de Camargo Neves Lafer. 3. ed. São Paulo: Editora Iluminuras, 103p.
- HOUBEN, H.; GUILLAUD, H. (1991). *Traité de construction en terre*. 2. ed. Marseille: Parentheses. 355 p.
- HOUBEN, H.; GUILLAUD, H. (1995). Earthen Architecture: materials, techniques and knowledge at the service of new architectural applications. In: *Workshop Arquitetura de Terra* [Coord.] Sheila Walbe Ornstein. São Paulo: FAUUSP. 219p.
- KUTIGURA y Aganachi*. Cerimônia de construção de uma casa na Africa. 17'23". Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=MGCMC_om1s0. Acesso em: 26/08/2014.
- MERLEAU-PONTY, M. (2006). *Fenomenologia da Percepção*. São Paulo: Martins Fontes. 662p.
- MINKE, G. (2001) *Manual de construcción en tierra: la tierra como material de construcción y sus aplicaciones en la arquitectura actual*. Kassel: Nordan-Comunidad. Ed. Fin del Siglo, 222p.
- MORATA, T. V., POL, E. (2005). La apropiación del espacio: una propuesta teórica para comprender la vinculación entre las personas y los lugares. In: *Anuario de Psicología*, vol. 36, nº 3, p. 281-297. Barcelona: Universitat de Barcelona.
- MORIN, E. (1974) *El paradigma perdido: ensayo de bioantropología*. Barcelona: Editorial Kairós, 263p.
- NEVES, C.; FARIA, O. B. (Org.) (2011). *Técnicas de construção com terra*. Bauru, SP: FEB-UNESP/PROTERRA. 79p. Disponível em <<http://www.redproterra.org>>. Acesso em 14/08/2013.
- PALLASMAA, J. (2011). *Os olhos da pele a arquitetura e os sentidos*. Porto Alegre: Bookman. 76 p.

SCHMID, A. L. (2005). *A idéia de conforto - Reflexões sobre o ambiente construído*. Curitiba: Pacto Ambiental, 339p.

SPIRN, A. W. (1995). *O jardim de granito: a natureza no desenho da cidade*. Tradução de Paulo Renato Mesquita Pellegrino. São Paulo: Edusp, 360p.

YANG, D., PENG, S., HARTMAN, M. R., GUPTON-CAMPOLONGO, T., RICE, E. J., CHANG, A. K., GU, Z., LU, G. Q. (Max), LUO, D. (2013). Enhanced transcription and translation in clay hydrogel and implications for early life evolution. In: *Scientific Reports 3*: 3165. Disponível em: <<http://www.nature.com/srep/2013/131107/srep03165/pdf/srep03165.pdf>>. Acesso em 17/11/2013.

AUTOR

Leonardo Ribeiro Maia: Arquiteto formado pela Universidade Presbiteriana Mackenzie e mestrando em Tecnologia da Arquitetura pela Universidade de São Paulo nas áreas de Conforto Ambiental e Construção em Terra. Experiência de mais de 10 anos com projetos e obras convencionais e sustentáveis. Fundador do 302 arquitetura&design. Membro da rede Terra Brasil desde 2013.

FORMAS TRADICIONAIS DAS CONSTRUÇÕES DE TERRA *VERSUS* FORMAS PRODUZIDAS PELAS TÉCNICAS CONTEMPORÂNEAS: UMA DIFERENTE ABORDAGEM FORMAL PARA A TERRA CRUA

José Luiz Mendes Ripper¹; Fernando Betim Paes Leme²; João Victor Correia de Melo³

LILD, Departamento de Artes e Design, CTCH, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro – PUC-Rio -
¹lildpucRio@gmail.com; ²betim@puc-rio.br; ³jvictor@puc-rio.br

Palavras-chave: fibrobarro, materiais locais, bambu, autoconstrução, formas naturais

Resumo

O artigo trata de uma pequena construção, atualmente em nível de primeiro protótipo, feito artesanalmente de fibrobarro, destinado a funcionar como um abrigo - no campo - para duas pessoas. Relatam-se, inicialmente, as origens e conceitos do fibrobarro como material de construção, principalmente de vedação, desenvolvido no laboratório, dando ênfase em suas propriedades e características físicas, assim como o tipo de impermeabilização, e os elementos vegetais e minerais, constituintes do compósito, colhidos próximo ao local. Apresentam-se os vários passos, desdobramentos e aplicações do objeto. Por fim, chama-se a atenção para a necessidade de escolher geometrias potencialmente interessantes para serem conformadas com bambu e terra crua conjugados, formulando algumas críticas as formas arquitetônicas apresentadas pelas culturas passadas e modernas, que mantêm, apesar dos avanços técnicos atuais de tais materiais, os mesmos aspectos formais gerais.

1. INTRODUÇÃO

De imediato a imaginação material nos abre os porões da substância, nos entrega riquezas desconhecidas (Bachelard, 1991, p. 26)

Uma coisa vem de outra coisa. Esse dito sempre se tem presente nos caminhos investigativos que se trilham no Laboratório de Investigação em Livre Desenho – LILD. Recentemente na pesquisa tem-se percebido a importância de retornar incessantemente nos caminhos percorridos (Moreira; Ripper, 2014), como em um livro, que, cada vez que se volta e se lê novamente, percebem-se os escritos de outra maneira, aumentando o entendimento sobre o mesmo.

No caso da terra crua, com base em escritos e imagens factuais, chega-se a ‘ideia primordial’ de utilizar porções do material da superfície terrestre para erguer o abrigo do homem. Um transplante da Terra para o ser, como um ato de poder-fazer que ergue o peso e vence a gravidade. Essa constante retomada rejuvenesce a ideia do fato histórico e lhe energiza, a ponto de: não colocar cimento na terra, mesmo que seja ‘um pouquinho’; construir formas utilitárias, mas provisórias e experimentais, sempre tentando realinhamentos com as transformações físico-sociais de determinada sociedade.

2. O DOMUS DO SUMARÉ: A IDEIA PRIMORDIAL

As experiências do LILD no campo das estruturas de bambu e cascas de terra crua contidas em superfícies de dupla curvatura tiveram seu referencial numa pequena construção destinada a ser uma casa domiciliar, desenvolvida e construída, em meados da década de 1960, bem antes da fundação do laboratório.

A construção é semelhante a um ‘Chapéu de Sol’, um tipo comum de cogumelo existente no Brasil. O fuste da base é cilíndrico e o chapéu é uma casca estrutural hemisférica de 7,5 metros de diâmetro. Essa casca, parte essencial da construção, é composta pela conjugação de unidades pré-fabricadas artesanalmente. Tanto as unidades quanto os moldes foram feitos de resina poliéster reforçada com fibra de vidro, material recém-chegado ao país na época.

Essa estrutura foi projetada e construída sem informação sobre os índices numéricos utilizados por Fuller na confecção das grandes geodésicas por ele concretizadas. No entanto, o sistema desenvolvido para a obtenção das medidas e posicionamentos foi intuitivo e prático. Sabendo-se que o sólido com mais pontos projetados em uma esfera é o icosaedro, as arestas do mesmo foram sendo desenhadas sobre uma calota esférica com o auxílio de um compasso, posteriormente, os demais pontos foram também marcados, e assim obteve-se a retícula geodésica, da qual se pode retirar as medidas e posições dos dois triângulos esféricos formadores da estrutura.

O objeto está hoje em bom estado, no mesmo local onde foi construído, demonstrando a resistência, durabilidade e leveza resultados advindos da interação entre a forma e os materiais empregados na construção (Figura 1).



Figura 1 – Domus do Sumaré quando de sua construção (década de 1960) e atualmente

Décadas depois da construção, retornando ao objeto e observando, então, a lógica de confecção do fiberglass, e a facilidade de fabricação e montagem do conjunto, surge a questão: e se essa lógica for aplicada à terra crua? Surge, assim, o material chamado fibrobarro, ou fibrosolo (Leme, 2003; 2008).

3. O FIBROSOLO/FIBROBARRO

O desenvolvimento do novo material chamado 'fibrosolo' e, posteriormente, renomeado 'fibrobarro', abriu novas possibilidades para as técnicas de construção, com terra crua, existentes. A terra crua, utilizada nas arquiteturas desde tempos remotos, até hoje existe como material de construção em grande parte do globo. No entanto, suas técnicas de aplicação, apesar de ser amplamente aperfeiçoadas, pouco foram modificadas em sua essência. A construção com terra sempre esteve ligada a construções pesadas - devido ao volume de material aplicado e seu peso específico - e de grande custo energético - principalmente, em relação à mão de obra.

Protótipos realizados no LILD, feitos de fibrobarro, em condições de uso, se apresentam em mantas embobináveis com espessuras da ordem de um centímetro. Constituem superfícies de proteção, ou seja, superfícies que ao mesmo tempo funcionam como vedação e estrutura de construções arquitetônicas. Podem ser utilizadas em camadas simples ou em camadas duplas, fazendo um sanduíche, com miolo de material leve e isolante térmico.

Esse material pode ser feito com mão de obra artesanal com poucos recursos de instalação, como as técnicas convencionais de terra crua. No entanto, seu baixo peso, devido ao peso específico do material empregado e de sua diminuta espessura, diminui o gasto energético relacionado à mão de obra, facilitando a preparação e montagem do material na edificação. Estes fatos reconceituam a utilização da terra como material de construção, na medida em que, acrescenta a ideia de leveza, modularidade, adaptabilidade e economia energética. Daí, naturalmente, vão acontecendo novas formulações geométricas aos objetos de uso, constituídos de terra crua, fibras, e resinas naturais, especialmente as cascas estruturais.

O fibrosolo é um nome concebido com o propósito de responder a um material compósito, que associa terra crua com grande quantidade de fibra vegetal. Estas fibras participam nos

compósitos de fibrosolo em uma dosagem, proporcionalmente, muito maior do que o comum das técnicas tradicionais que se utilizam de terra crua. Este nome deriva de uma série de investigações e experimentos realizados no LILD, que incorporaram conhecimentos tradicionais de construção com técnicas de laminado muito utilizadas no laboratório. Iniciado em 2001 este compósito passou a ser empregado com constância nos experimentos e em construções, principalmente com a preocupação de garantir qualidade nos fechamentos dos espaços construídos.

Pode-se dizer que a causa estrutural preponderante deste compósito está nas fibras e não na terra. Fibrosolo é, portanto, um nome concebido com o propósito de responder a um material compósito, que associa terra crua com grande quantidade de fibra vegetal. Estas fibras participam nos compósitos de fibrosolo em uma dosagem, proporcionalmente, muito maior do que o comum das técnicas tradicionais que se utilizam de terra crua. A revitalização destas técnicas seculares possibilita, também, repensar novos usos e procedimentos para estes materiais.

Da mesma forma que se reconhece no barro características de respiração e adequação ambiental, percebe-se, também, que suas possibilidades de combinação com outros materiais são infinitas. O uso principalmente das fibras agregadas ao barro oferece possibilidades de compósitos muito interessantes.

Tradicionalmente, as técnicas passadas de construção que se utilizaram desta mistura, agregaram as fibras com intenção de conectar e estabilizar estruturalmente os elementos construtivos. Em alguns casos com diminuição de peso destes elementos. Nestas técnicas, como taipa de mão e adobe, as fibras são picadas e adicionadas ao barro como um componente otimizador, assim como outros materiais, usualmente, encontrados no local de construção. Como exemplo, é possível citar: esterco, pedras, sangue, cal, soro de leite (albumina), sumos e óleos. O uso das fibras e terra se emprega de modos diversos, dependendo da natureza dos materiais disponíveis e acessíveis no local. O material apropriado para construir é, naturalmente, aquele que está disponível, fácil de encontrar e adquirir.

A definição de fibrosolo se estabelece na dosagem de terra crua em relação ao volume de fibras agregadas. O percentual de fibras nunca é inferior ao de barro, portanto se partiu de um percentual de 50%, em volume, para cada ingrediente, podendo a quantidade de fibras ser ampliada, na medida em que, as qualidades do solo utilizado permitem a estabilidade da mistura. Para uso em compósitos de barro, as fibras não devem ser umedecidas anteriormente à mistura, para que absorvam a umidade contida no próprio barro.

As fibras de sisal absorvem mais de 100% de água, em peso, devido à água que penetra em seus poros e, também, devido à captura de água de constituição, pelas hidroxilas da celulose (Leme, 2008)

O uso de elementos em forma de cascas, permitido por este material, possibilitou entendimentos de limites estruturais e possibilidades mecânicas, ainda não consideradas nas construções de barro, principalmente, pela função mecânica das fibras. Em material seco, foi aferida densidade média da ordem de 1500 kgf/m^3 , em casca de fibra de sisal, com espessura final média em torno de 9 mm (Leme, 2008; Teixeira Filho, 2013).

Também se podem abordar, a partir destes ensaios, processos de confecção e manuseio diferenciados dos usuais na área rural, bem como a aplicação de outros materiais, que auxiliem na proteção do compósito utilizado, tais como resinas e aglomerantes.

Destacam-se, deste modo, as seguintes propriedades plásticas para esse compósito, consequência da configuração, disposição ou padrão de fibras, do modo de aplicação do barro e sua consistência pastosa: a) transportabilidade: as peças são facilmente transportáveis ao local de aplicação; b) moldabilidade: colocada sobre um molde, assume qualquer geometria; c) maleabilidade: propriedade plástica associada à flexibilidade da unidade, à facilidade com que a unidade pode ser dobrada e encurvada no espaço; d) ajustabilidade interna: admite deslocamentos relativos internos das fibras em relação ao

barro, para efetuar correções; e) reversibilidade: pode-se obter o material original, após a secagem, bastando-se para isso, que se umedeça a peça.

Alguns experimentos avançaram na busca de formas modulares como placas e cascas (figuras 2 e 3), objetivando atender a sistemas de montagem e projetos de pré-fabricação em série. A característica de leveza, diminuição de matéria-prima na produção, fácil manuseio, montagem simples, boa transportabilidade e baixo impacto ambiental são condições que mostram uma adequabilidade excelente aos processos construtivos convencionais e já conhecidos. Placas contraplacadas e/ou revestidas com acartonados, papéis e tecidos mostraram uma eficiência que permite recuperar a mesma autonomia percebida no homem do campo.



Figura 2 - Folha de fibrobarro



Figura 3 - Placas de fibrosolo destinadas aos processos de pré-fabricação.

Outros experimentos revelaram a versatilidade permitida por este compósito que se desenvolveu. Duplas curvaturas, abóbodas, arcos e formas pouco usuais (figura 4) puderam ser conquistadas a partir do entendimento destas características plásticas conhecidas desde os saberes tradicionais. (Alvares, 2008; Campos; Melo, 2011; Ripper et al, 2012; Ripper et al, 2013; Correia de Melo et al, 2014)



Figura 4 - Dispositivos experimentais investigados pelo laboratório LILD da PUC-Rio

4. SUPERFÍCIES MÍNIMAS

Superfícies mínimas são aquelas que, dadas certas condições de contorno, apresentam a menor área possível e sua curvatura média é neutra (Dierkes et al, 2010). O termo surge para superfícies que minimizavam áreas definidas, como, em um exemplo concreto, quando se coloca uma armação perimétrica tridimensional de arame dentro de uma solução com sabão. O filme que se forma por dentro dessa armação é sempre a menor superfície possível dentro dos limites impostos por tal armação (figura 5).

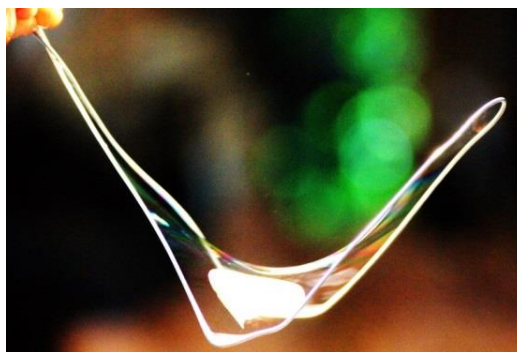


Figura 5. Superfície mínima formada por filme de sabão dentro de uma armação de arame de perímetro irregular tridimensional

Mais a fundo, na matemática, o termo é, também, usado para superfícies mais gerais que podem se auto interceptar ou não têm restrições. Para uma determinada restrição, também, podem existir várias superfícies mínimas com diferentes áreas como, por exemplo, as superfícies mínimas de revolução: as definições padrão apenas se relacionam com um ótimo local, e não um ótimo global (Dierkes et al, 2010).

Como apontado por Moreira e Ripper (2008) e, posteriormente, por Correia de Melo (2011), o objeto surge a priori na mente do projetista. Contudo, corre-se o risco de a atividade projetiva permanecer somente nesse estado, teórico, estando o futuro objeto sujeito apenas

aos “juízos semióticos, que já descartaram totalmente a coisa física, limitando-se a jogar com significantes e significados” (Moreira; Ripper, 2008, pag. 14). Para que o objeto em estado mental rompa com esses limites, é preciso que o mesmo interaja com os demais estados que esse objeto venha a ter (Correia de Melo, 2011), principalmente, aqueles presentes no meio físico como, por exemplo, o estado mecânico, no qual as soluções mentais existentes, até um determinado momento, são concretizadas em modelos conceptivos e construtivos em escala reduzida, trazendo um tom de realidade mundana às concepções psicológicas. Portanto, as superfícies tratadas nesse trabalho são as do primeiro tipo, concretas, feitas com finas membranas de água e sabão e passíveis de manipulação pelo pesquisador.

Filmes de sabão sempre assumem formas de superfícies mínimas. Quando inflados, formam bolhas que, flutuantes, envolvem o máximo volume com a mínima área possível, tendo a forma de uma esfera perfeita (Bach et al, 1987); e se inflados quando apoiados em uma base rígida têm a menor área superficial em relação a essa base e ao volume englobado, formando superfícies sinclásticas (Bach et al, 1977) (figura 6). Quando tensionados, formam superfícies mínimas por dentro de perímetros bidimensionais - gerando superfícies planas - ou tridimensionais - gerando superfícies anticlásticas. Em ambos os casos, a membrana de água e sabão tem sempre a mesma tensão superficial em todos os pontos (Boys, 1959; Bach et al., 1977; Bach et al, 1987).

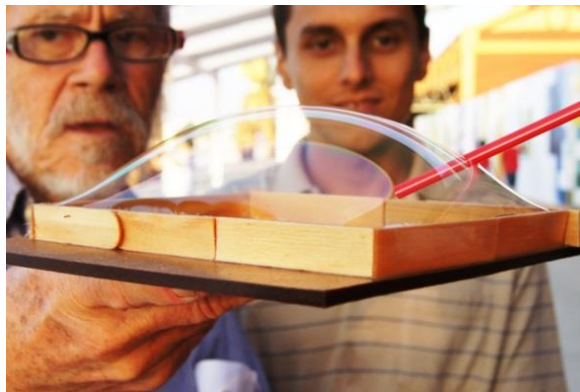


Figura 6 - Bolha apoiada em base rígida

Devido a essas propriedades, as superfícies mínimas descritas pelos filmes de sabão podem ser consideradas bastante interessantes do ponto de vista construtivo. Ao minimizar a área, minimiza-se também o gasto energético e a quantidade de material em sua construção. E ao equacionar a tensão em todos os pontos, tem-se um comportamento estrutural regularizado.

O arquiteto alemão Frei Otto, juntamente com o grupo de pesquisa ligado ao instituto que o mesmo dirige, foi o precursor na utilização dos filmes de sabão como dispositivos de desenvolvimento de estruturas arquitetônicas de construção leve. Os experimentos com filmes de sabão iniciaram-se no desenvolvimento de tendas e pneumáticos, como forma de checar as tensões ótimas para a superfície dos objetos. Verificou-se que quando as formas desviavam-se muito da área mínima, os objetos não só pareciam estranhos, mas eram, geralmente, mal construídos (Otto; Rasch, 1995).

As arquiteturas baseadas nas superfícies mínimas são, geralmente, bastante agradáveis sob o ponto de vista estético e, na maioria dos casos, integram-se muito bem com o ambiente ao seu redor, especialmente quando se trata de um ambiente natural. Um dos fatores que possibilita essa adaptabilidade e integração, pelo menos do ponto de vista estético (Otto, 1998, p. 11), é o fato de elas seguirem – como demonstrado pelos grupos interdisciplinares de pesquisa SFB64 e SFB230, dos quais um dos membros era o instituto de estruturas leves da Universidade de Stuttgart (IL), dirigido por Otto – o mesmo princípio construtivo leve utilizado pela natureza viva: membranas tensionadas, especialmente as infladas (pneumáticas), que formam células, órgãos, e seres vivos como um todo. (Bach et al., 1977).

Objetos leves, ou construções leves, são aqueles capazes de transmitir forças com o mínimo possível de massa. Obviamente, essa leveza é relativa, mas pode ser entendida da seguinte forma: ao se comparar alguns objetos capazes de transmitir as mesmas forças por uma mesma distância, o objeto que cumprir essa tarefa e apresentar a menor massa pode ser considerado uma 'construção leve'.

Em relação à forma desses objetos é muito difícil que ela seja accidental. Em sua maioria são formas que resultam de processos de desenvolvimento e otimização que buscam a redução da massa – desmaterialização – mas, mantendo a funcionalidade do objeto.

Esse princípio pode ser exemplificado principalmente nos objetos da natureza viva. Ao contrário do que se pensa a natureza não é perfeita, ela está em contínua mudança à procura de soluções cada vez mais adequadas e otimizadas às funções que deve desempenhar. A redução do custo energético do objeto e a redução relativa da matéria em sua constituição fazem do objeto natural construções leves - ou seja, frutos do princípio da leveza - e, conseqüentemente, suas formas refletem esse princípio (figura 7).



Figura 7 - Bebe ainda na bolsa amniótica, superfícies mínimas de inflados (fonte: Dr. Aris Tsigris).

Dessa maneira, propõe-se aqui a conjugação de materiais naturais, como o bambu e a terra, em formas baseadas nas formações naturais, especificamente as superfícies mínimas das bolhas e filmes de sabão, buscando, assim, o princípio da leveza no objeto em vários níveis – material, forma, sistema construtivo -, que se acoplam e resultam em objetos utilitários mais adaptados à realidade física do mundo.

Outro ponto é a relação do homem com o espaço, como pode ser visto na figura 8, onde se comparam os arcos básicos de uma bolha inflada, a um arco de círculo, e a uma curva catenária descritas sob os mesmos parâmetros de base e altura. Fica claro que o espaço descrito pela bolha apresenta uma melhor relação com o uso, pois, enquanto o arco de círculo e a catenária impõem uma barreira, principalmente nas bordas, limitando abruptamente o espaço, a bolha apresenta uma geometria de acolhimento, similar a vista na figura 7, o que se torna ainda mais evidente quando se trata de um objeto cuja base deve ser poligonal, onde a transição do ortogonal para o curvo é feita de uma maneira totalmente fluída, e até, inimaginável ao pensamento geométrico humano.

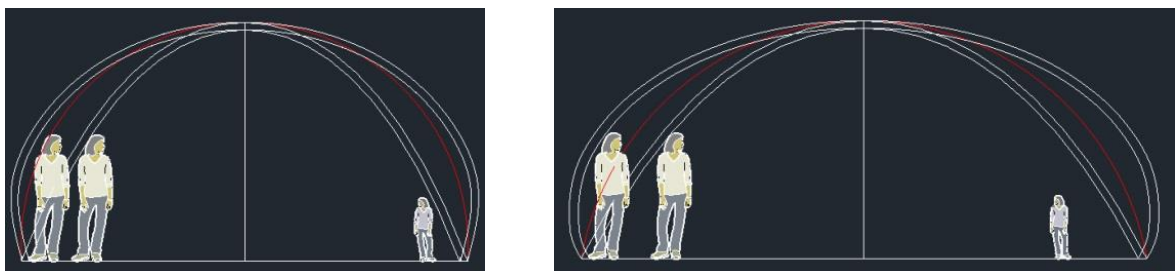


Figura 8. Comparativo entre os arcos da bolha, arco de círculo e curva catenária (na ordem), sob os mesmos parâmetros de base e altura.

5. BUBBLE HALL: aplicando o fibrobarro em uma superfície mínima

A sala bolha surgiu em proposta do laboratório, aprovada pela direção da PUC-Rio, sobre o descobrimento e experimentação de espaços não convencionais de ensino. Está, assim, em fase de andamento, a execução de uma sala baseada na forma de uma singular bolha de sabão que nasce a partir de uma base retangular.

A aproximação à geometria da bolha é conseguida por meio de diversos experimentos que utilizam técnicas eletrônicas e artesanais para a obtenção de um grid de fitas de bambu que discretizam a forma de tal bolha.

Uma estrutura piloto de bambu foi experimentada quando da realização de um evento da Rio+20 – conferência da ONU sobre desenvolvimento sustentável – onde a mesma foi utilizada para a exposição dos trabalhos do laboratório e da rede mundial do bambu e rattan, o INBAR (Correia de Melo et al, 2013)

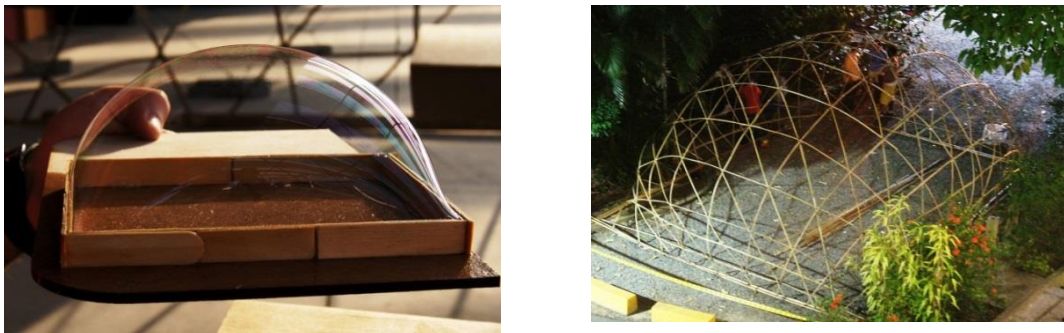


Figura 9 - Bolha inicial e objeto concretizado

Desse modo, visando não só experimentar a técnica construtiva da vedação, mas aproveitando um acordo de cooperação tecnológica entre o LILD PUC-Rio e a EAD PUC Valparaíso, Chile, optou-se por utilizar a geometria da ‘sala bolha’ em um objeto com dimensões menores, a ser utilizado como pequeno ambiente íntimo de estar.

Propôs-se uma redução para a escala 1:3, sendo as dimensões finais 2,00 m x 2,50 m x 1,05 m. O objetivo inicial era a utilização do bambu local, conhecido como *Coligue* (*Chusquea coleou*), no entanto, devido ao fato de a construção ter ocorrido no inverno, a oferta era curta, e os colmos a disposição já estavam muito secos, o que dificultou o uso desse material.

Visando experimentar, ao menos, a forma e a vedação, optou-se por utilizar tubos de PVC de pequeno calibre, pois facilitariam a descrição da forma geral. Esses tubos foram, então, marcados e amarrados no grid, exatamente como ocorrido na ‘sala bolha’. O espaço no terreno onde o objeto seria posicionado foi devidamente nivelado e preparado para drenagem. Assim, o grid já montado, tendo como base um requadro de madeira foi posicionado em tal lugar. Posteriormente, o objeto foi sendo cheio com areia das dunas ao redor, que serviria de molde para apoiar as placas de fibrobarro responsáveis pela vedação (Figura 10).



Figura 10 – Nivelamento do terreno, amarração do grid e molde de areia.

O fibrobarro foi feito com terra e fibras locais, mais especificamente, fibras de pasto e de pinheiro. O material foi pisado para mistura em conjunto com alguns alunos da EAD PUCV,

que, em continuidade, ajudaram na confecção e posicionamento das placas por sobre o molde.



Figura 11 – Preparação da terra, detalhe da confecção da placa e aplicação no molde.



Figura 12 – Objeto sendo esvaziado. Vista interna



Figura 13 – Objeto finalizado

Após a secagem, o objeto foi desmoldado, pela simples retirada da areia, restando apenas a casca de fibrobarro e a estrutura de PVC em grid. No momento, o objeto vem sendo monitorado e alguns experimentos têm sido feitos visando à proteção da superfície contra a água, e, espera-se, que em breve, esse objeto seja experimentado em relação a seu uso, para que esses dados sejam aplicados em outras construções na realidade sociocultural chilena.

6. CONCLUSÃO

A validação do fibrosolo reconceitua a terra crua como material de construção e amplia seus horizontes de aplicação. Normalmente, imagina-se a terra em sua solidez: adensada no solo, ou apiloada em sólidas e pesadas paredes, nunca como leve poeira desafiando a gravidade.

Contrariando essas ideias, os trabalhos experimentais com cascas em fibrosolo revelam um material compósito diferenciado, de grande versatilidade nas aplicações construtivas e familiaridade com as técnicas de produção tradicionais, que envolve não só a participação das comunidades principalmente rurais, mas também a participação ativa de quaisquer pessoas sejam estas crianças, idosos, homens ou mulheres.

Outro dado revelador é a capacidade de recuperação e restauro do material. As placas se mostraram receptivas à aplicação de outros tipos de solo quando aplicados sobre a superfície. Há uma fusão das camadas superficiais. A rusticidade do tecido agregado ao barro, com filamentos dispersos e liberados para fora da trama, permite a esta que participem ativamente com o barro na estabilidade do compósito, e mesmo a outras fibras quando misturadas a este barro.

A integração dos conhecimentos científicos com os do campo combinados permite desenvolver novas abordagens às técnicas então utilizadas. Conhecer os materiais locais e o manuseio que se faz destes para fins de produção de objetos e construção é ponto fundamental para o processo de interação e aprendizado. As técnicas tradicionais utilizadas pela comunidade alavancaram os experimentos e valorizaram em seu meio uma expressão cultural relevante, tanto na formação de mão de obra como na manutenção do homem em seu habitat. As técnicas tradicionais de taipa e adobe permitem considerar outros tipos de solo e de fibras que, invariavelmente, se alteram em cada localidade. Estas técnicas prescindem de um trabalho coletivo, e isto se torna cada vez mais difícil no modo de vida atual. A atualização destas técnicas busca, no entanto, não só qualificar as exigências atuais para este tempo de produção, mas principalmente, também, recuperar este convívio para encontros e atividades comunitárias.

Num contexto como o das cidades, em que a quantidade de entulho e material gerado se torna um transtorno, o uso de elementos delgados, leves e de recomposição integral ao meio de onde se extraiu, pode reduzir a valores baixíssimos o impacto ambiental. O objetivo principal de absorver os conhecimentos tradicionais do homem do campo e mostrar a viabilidade de integrá-lo ao meio urbano, se faz claro, principalmente, nos experimentos em pré-fabricados de fibrosolo.

Esta possibilidade construtiva resultante das abordagens iniciais simboliza a construção de uma fronteira de interlocução entre dois ambientes historicamente distanciados. Constrói uma das possíveis pontes de integração necessárias ao mundo do século XXI, e estabelece nesta fronteira a troca de informações e experiências.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARES, L. R. (2008). *Cúpula catenária de "fibrobarro" estruturado com bambu - Concepção e processo construtivo*. Rio de Janeiro: Dissertação (Mestrado em Artes e Design) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.
- BACH, K.; BEREITER-HAHN, J.; GUTMANN, W. F.; HELMCKE, J.-G.; NACHTIGALL, W.; OTTO, F. RACCANCLLO, R.; SCHAUR, E.; SCHILL, R. (1977). *IL9 - Pneus in nature and technichs*. Stuttgart: Institut für Leichte Flächentragwerke (IL).
- BACH, K.; BURKHARDT, B.; OTTO, F. (1987). *IL18 - Seifenblasen/forming bubbles*. Stuttgart: Institut für Leichte Flächentragwerke (IL).
- BACHELARD, G. (1991). *A terra e os devaneios da vontade*. São Paulo: Martins Fontes.
- BOYS, C. (1959). *Soap bubble: Their colors and forces which mold them*. New York: Dover.
- CAMPOS, D. M.; MELO, J. A. (2011). Square-based bamboo dome based on geodesics. In: IC-NOCMAT-2011 1. Ghavami. *Book of Abstracts...* (p. 12). Changsha, China.
- CORREIA DE MELO, J. (2011). *Modelos em linguagem mecânica e modelos em linguagem eletrônica: as interações na metodologia do LILD*. Dissertação (Mestrado em Design) Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro - PUC-Rio.

CORREIA DE MELO, J., RIPPER, L. A., RIPPER, J. M., & TEIXEIRA FILHO, W. (2013). The bubble hal: bamboo reticular geodesic structure with the shape of a soap bubble. In: 14th IC-NOCMAT (p. 12) 1. *Proceedings of...* João Pessoa: UFPB.

CORREIA DE MELO, J.; STOFFEL, P.; RIPPER, J. M. (2014). Módulo de cobertura têxtil com estrutura autoportante de colmos de bambu amarrados. In: I Congresso Luso-Brasileiro de Materiais de Construção Sustentáveis 1. *Anais...* (p. 11). Guimarães: Universidade do Minho.

DIERKES, U.; HILDEBRANDT, S.; SAUVIGNY, F. (2010). *Minimal surfaces*. New York: Springer Heidelberg Dordrecht.

LEME, F. B. (2003). *Construção com "fibrosolo": um estudo de caso sobre o resgate da técnica de taipa, e seus efeitos no ambiente de clima tropical úmido com estação seca e chuvas de verão*. Dissertação (Mestrado em Design) Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro -PUC-Rio.

LEME, F. B. (2008). *Fibrosolo como pele para construção*. Tese (Doutorado em Design). Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro -PUC-Rio.

MOREIRA, L. E., RIPPER, J. M. (2014). *Jogo das formas - lógica do objeto natural*. Rio de Janeiro: Nau Editora.

MOREIRA, L.; RIPPER, J. M. (2008). Tópicos para uma ciência do objeto utilitário. In: Tenth International Conference on Non-Conventional Materials and Technologies - NOCMAT-2008, 1. *Proceedings...* (p. 18). Cali.

OTTO, F. (1998). *IL24 - Lightweight principle*. Stuttgart: Institut für Leichte Flächentragwerke.

OTTO, F.; RASCH, B. (1995). *Finding form: towards an architecture of the minimal*. Stuttgart: Axel Menges.

RIPPER, J. M.; LAZARONI, M. A.; SOUZA, T. d. (2012). A utilização do fibrobarro em uma arquitetura efêmera. In: Terra Brasil 2012 - IV Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil (p. 12) 1. *Anais...* Fortaleza: TerraBrasil; ASTEF; UFC.

RIPPER, J.; CORREIA DE MELO, J.; RIPPER, L. (2013). A leveza das habitações modulares feitas de bambus e terra crua: técnicas e métodos. In: 13º SIACOT - Seminário Iberoamericano de Construcción con Tierra. 1. *Anais...* Valparaíso: PROTERRA.

TEIXEIRA FILHO, W. S. (2013). *Soluções construtivas leves para arquiteturas de clima tropical úmido*. Tese (Doutorado em Design). Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro -PUC-Rio.

NOTAS

¹ Richard Buckminster Fuller, filósofo, matemático, geômetra americano, responsável pela matematização da esfera na forma do domo geodésico

AUTORES

José Luiz Mendes Ripper. Professor Emérito da PUC-Rio, Livre Docente (PUC-Rio, 1976), Graduação em Arquitetura (UFRJ, 1958). Coordenador do Laboratório de Investigação em Livre Desenho – LILD, vinculado ao Programa de Pós-graduação em Design do Departamento de Artes e Design da PUC-Rio. Professor da Graduação e da Pós-graduação e orientador de pesquisas de iniciação científica, mestrado e doutorado em Design na PUC-Rio.

Fernando Betim Paes Leme. Doutor em Design (PUC-Rio, 2008), Mestre em Design (PUC-Rio, 2003)

João Victor Correia de Melo. Doutorando em Design (PUC-Rio), Mestre em Design (PUC-Rio, 2011), Graduação em Desenho Industrial (EBA/UFRJ, 2007). Pesquisador do Laboratório de Investigação em Livre Desenho – LILD, Professor do Departamento de Artes e Design da PUC-Rio e professor dos cursos de Engenharia e Design da Universidade Veiga de Almeida.

ARQUITECTURA EN TIERRA Y ECOTURISMO

Identidad ancestral para la conservación de las Lomas de Atiquipa

Johanna Guadalupe Saavedra Ramos

Diseño contemporáneo ancestral, Taller de Escultura y Cerámica "Carlos Galarza", Universidad Ricardo Palma, Perú
saavedrarq1@gmail.com

Palabras-clave: Tierra, ancestral, ecoturismo, conservación, sostenibilidad

Resumen

La tierra en el Perú, ha sido y es en menor escala uno de los principales materiales de construcción. Antiguamente el uso de materiales locales y el respeto a la naturaleza fue lo más importante, se han olvidado muchas de estas técnicas ancestrales y en una realidad como la peruana, es preciso rescatarlas. Así mismo las visitas a áreas naturales en el país van en aumento, sin embargo en muchos de los casos las comunidades presentan dificultades para mostrar de forma adecuada su riqueza y no cuentan con el equipamiento ecoturístico que las áreas ameritan. Es evidente que se requiere de una nueva arquitectura para el desarrollo del ecoturismo. Por esta razón se consideró realizar el Diseño del Centro de Interpretación, ecológico y Ambiental (C.I.E.A), concebido bajo criterios bioclimáticos y energías renovables, el cual sería una herramienta para salvar el conocimiento vernáculo de la tierra y la conservación de ecosistemas de gran fragilidad como es el caso de las Lomas Costeras donde se inscribe el proyecto. Se propone el rescate de sistemas constructivos ancestrales en tierra, revalorando así a la tierra como material ecológico y sismorresistente. Fueran hechas encuestas a los pobladores del lugar y talleres comunales mostrándoles cómo afrontar la construcción con tierra. La comunidad se comprometió a rescatar y revalorar a la construcción en tierra. Se concluye que la conservación y manejo adecuado de los sistemas constructivos ancestrales en tierra proporcionaría beneficios para el desarrollo sostenible comunal.

1. MATERIALES Y SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN TIERRA EN EL PERÚ

Cada pueblo del Perú ha desarrollado sus propias costumbres y tradiciones populares que los ha caracterizado y distinguido uno de otros. Es así que la arquitectura forma parte de estas manifestaciones culturales pertenecientes única y exclusivamente a cada comunidad.

Los arquitectos Miguel Alvaríño y Jorge Burga (2001), en su libro *Arquitectura popular en la costa peruana*, sostienen que la arquitectura popular ha estado por varios años ligada a la utilización de los materiales de tierra por su fácil manejo y obtención además de su facilidad de reconstrucción. La utilización de la tierra, como material de construcción, forma parte de un conjunto de características que generan una arquitectura plenamente identificada con el pueblo, pues este material les permite volcar su espontánea creatividad, desarrollando técnicas y formas de construir propias, las que han sido transmitidas de generación en generación. En el Perú, el uso de materiales y técnicas constructivas en tierra continúa vigente quizás porque ante la realidad del país, las construcciones en tierra constituyen una solución al problema de hábitat de muchas regiones, sobre todo en aquellos pueblos donde los recursos económicos son escasos.

Si bien la arquitectura popular no ha sufrido alteraciones, gracias a la identificación arraigada de su pueblo, tampoco se ha evolucionado en técnicas constructivas que ayuden al perfeccionamiento de su comportamiento estructural, ni se ha brindado una mayor capacitación técnica. Sin embargo, ante la gran difusión y demanda en las zonas urbanas de los materiales mal llamados "nobles", como el ladrillo y el concreto, hoy en día algunas familias del campo prefieren construir con estos materiales o cambiar algunos elementos tradicionales por otros modernos, pues les brindan mayor seguridad estructural además existe la idea de que una vivienda de ladrillo eleva el nivel de vida de sus ocupantes.

Esta creencia forma parte de un proceso socio cultural que en este caso tiene un significado de progreso, idea errónea que se ve reforzada por el poco interés de mejorar el manejo de los materiales en tierra y que no permite que sean aprovechados en toda su magnitud, pudiendo llegar a tener la misma eficiencia estructural que los otros materiales.

Tanto el ladrillo, el cemento, como la caña o el barro tienen el mismo valor como materiales de construcción, con ellos el hombre ha podido crear espacios agradables y que cumplen la misma función: albergar a sus ocupantes, cubriendo las necesidades y dándoles comodidad, por lo tanto las diferencias culturales carecen de todo sentido, la idea es conocer las ventajas de cada material para un mejor aprovechamiento y saber cómo y dónde utilizarlos.

Es preciso continuar promoviendo la construcción con tierra, ya que es parte de una tradición que otorga una identidad propia a los diversos pueblos que debe respetarse. Lo que no significa que se deje de lado los avances tecnológicos, ni las necesidades de la actualidad, sino más bien que estos se adecuen a cada contexto y que la propuesta arquitectónica que allí se desarrolle y no se limite a 'copiar' la arquitectura local, si no que le dé un sentido y aporte con nuevas ideas que respondan a las condicionantes del lugar como climáticas, geográficas, sociales, desarrollando así un estilo propio.

Construir con tierra en el Perú, representa grandes ventajas ya que se obtiene fácilmente y es un material que no requiere grandes procesos de transformación para su elaboración, además que al tener procedimientos constructivos simples, los mismos usuarios participan directamente de la construcción, bajo el sistema de la autoconstrucción. Esto trae como resultado en gran parte de los pobladores una aceptación natural de la arquitectura que producen ya que es una expresión cultural que sólo le pertenece a su comunidad.

Por ello en los últimos años, ha crecido nuevamente el interés de profesionales por mejorar la técnica de construcción en tierra, es así que se han venido realizando múltiples estudios para lograr un comportamiento estructural eficiente, explotando al máximo sus ventajas y minimizando los inconvenientes que en la actualidad presentan.

La situación actual con las que se construye las viviendas de Atiquipa pasa desde un tema socio económico, evolución en el cambio de materiales hasta el tema ambiental. Antiguamente la mayoría de viviendas eran construidas por los propios pobladores usando sistemas constructivos locales predominando el adobe y la quincha, pero actualmente se han venido perdiendo estas técnicas constructivas, ya sea por su antigüedad y han pasado al uso del ladrillo y el cemento o por los últimos sismos ocurridos. Casi todas las viviendas de Atiquipa son con lotes independientes, de grandes dimensiones siendo un común denominador las casas huertas, con extensos patios traseros donde siembran frutales o crían animales. Sólo hay algunas viviendas que han modificado su función y han optado por poner un pequeño negocio en la parte delantera y ubicando sus dormitorios en el fondo. El núcleo familiar consta de cuatro ocupantes en promedio, presentes en la mayoría de las viviendas de Atiquipa.

El sistema constructivo que predominaba en las viviendas era el adobe y la quincha en un 80%, pero la mayoría de estas fueron afectadas por los eventos sísmicos ocurridos en los últimos años. Por ello los pobladores decidieron dar paso a nuevas construcciones empleando la técnica de la albañilería confinada. Actualmente el 70% de las viviendas son de albañilería y el 30% de adobe y quincha (figura 1).

Algo que mencionaron la mayoría de pobladores en las encuestas realizadas fue que si bien es cierto el nuevo material empleado es a su criterio más seguro y se ve mejor que los otros, sienten bastante los cambios de temperatura en el interior y sus techos son afectados por las lluvias constantes en invierno.

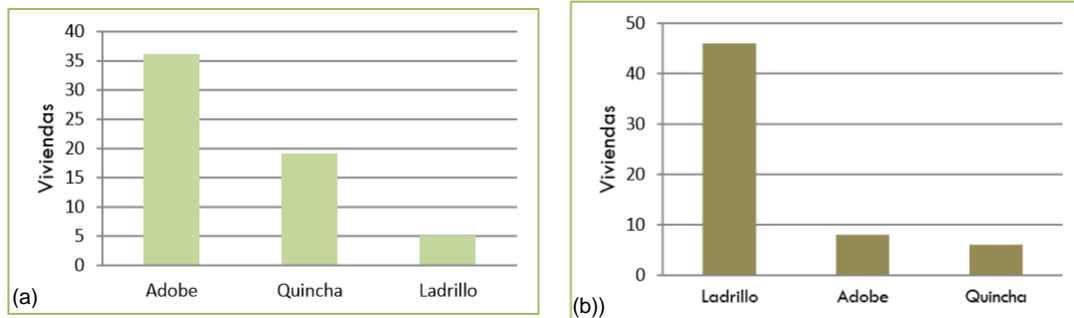


Gráfico 1 – Materiales constructivos en las viviendas de Atiquipa: (a) antiguos; (b) actuales
Fuente: Encuesta realizada en el Distrito de Atiquipa, 2012

Esto se traduce entonces al bajo nivel de inercia térmica de sus muros y en los cerramientos empleados. En el pueblo aún existen casas con más de 80 años de antigüedad, con muros anchos de adobe y casas de quincha.

Antiguamente construía bastantes casas de adobe y quincha, pero ahora ya no tengo muchas fuerzas. Para armar las casas de quincha, íbamos a la quebrada a traer caña y las cortábamos en cuarto menguante y en los meses que no tengan 'R' (Mayo – Agosto) eso nos ayudaba a que se arme rápido y no se piquen, luego el armazón lo asegurábamos con cuero de vaca remojado en agua, así tenía mayor fuerza en el torcido, el techo se hacía de torta de barro podrido para que se ponga ligoso y se pueda armar, encima iban hojas de achira y de chanyaico que son yerbas que crecen en las lomas. Y se revestía con barro y mezcla de hoja de olivo. Las puertas y ventanas las traían los barcos de vapores y las comprábamos en Chala. Esas casas han durado hasta hace poco y no hacia frío adentro ni pasaba la lluvia (Relato contado por Don Clemente Segura -80 años- uno de los pobladores más antiguos de Atiquipa, quien ha construido la mayoría de casas del pueblo, en la entrevista realizada para la presente investigación)

La mayoría de las casas construidas en tierra mantienen la misma tipología, aprovechando así los materiales disponibles y el conocimiento constructivo de los pobladores como es el caso de Don Néstor Castañeda (84 años), Don Clemente Segura (80 años) y Don Félix Márquez (77 años), ellos construyeron la mayoría de las casas del pueblo de Atiquipa y manifestaron su inquietud por enseñar sus conocimientos constructivos a los nietos y jóvenes del pueblo, con el deseo de que la construcción en tierra sea aplicada por las futuras generaciones, aunque habían mencionado el poco interés de los jóvenes por recuperar las técnicas ancestrales.



Figura 1 – Don Néstor Castañeda (84 años), construyendo una vivienda de quincha y tierra en el Pueblo de Atiquipa hace 6 años.

El hablar de materiales y métodos constructivos es también hablar de un pasado, cada quien afronta el hecho de construir en base a los recursos de la zona y de inventar una y otra técnica siempre y cuando responda al buen uso del material.

Las poblaciones de las zonas rurales han sabido resolver eficientemente algunos de los retos del territorio donde viven, pero muchas veces también se han dejado ganar por las ansias y el deseo de superación, tratando de copiar técnicas que si funcionan en otras geográficas pero en la suya no, trayendo como consecuencia problemas de confort interior e inclusive problemas de salud.

2. EQUIPAMIENTO ECOTURISTICO PARA LAS LOMAS DE ATIQUIPA

2.1 Ubicación y características de las Lomas de Atiquipa

Las lomas de Atiquipa se ubican en la costa sur del Perú, en el litoral de la provincia de Caravelí. Se encuentran en las coordenadas geográficas 15°45'47" de latitud Sur y 74°21'48" de longitud Oeste. En la zona de Atiquipa esta cordillera alcanza a pocos kilómetros del mar una notable altitud, los puntos más elevados, corresponden a los cerros Cusihuaman y Cahuamarca a 1297 msnm. Se caracteriza por tener escasas precipitaciones que no alcanzan los 50 mm anuales, durante casi todo al año hay gran nubosidad y formación de neblinas como consecuencia del avance del aire hacia la costa, sobre la corriente fría. En el invierno estas nieblas producen una garúa persistente que da origen a las Lomas de Atiquipa convirtiéndose en un importante cordón paisajístico y ecológico que alberga innumerables especies de flora y fauna endémica que requiere ser conservada.



Figura 2 – Paisaje de las Lomas de Atiquipa con vegetación abundante en la época de lluvias

Este singular ecosistema ha sido desde siempre amenazado por factores externos que podrían poner en condición de deterioro y fomentar su desaparición si no se los detienen oportunamente a continuación se mencionará tres de las amenazas principales:

La minería informal es una de las mayores amenazas, ya que gran parte de las lomas son ricas en minerales como el cobre, hay quienes agreden el ecosistema y los sustraen, ocasionando daños en el suelo y deteriorándolo. Lo cual altera el ciclo hidrológico de las aguas subterráneas existentes dicho ecosistema. Se estima que por día estos informales llegan a sacar 30 toneladas de cobre la cual se vende a 700 dólares la tonelada.

El sobrepastoreo y degradación de la cobertura vegetal causado por ganado vacuno y caprino ha traído consecuencias como la desertificación de ciertas zonas, asimismo también por la falta de lluvias.

Otro factor crítico lo constituye la presión turística no regulada, debido a que el desarrollo turístico de la zona aún no se ha desarrollado adecuadamente.

Es por ello que los comuneros de Atiquipa, conscientes de la degradación ambiental que está sufriendo su entorno y consientes también de las oportunidades alrededor de la conservación, se han propuesto rescatar su conocimiento ancestral, mantener su red de

irrigación comunal y conservar 19000 hectáreas de bosque de lomas. Y han encontrado en el ecoturismo una herramienta para realizar todo lo mencionado de manera sostenible.

2.2 Diseño de una infraestructura ecoturística sostenible

Implementar el ecoturismo exige una infraestructura diferente de la del turismo convencional, en áreas naturales la infraestructura eco-turística debe armonizar con los alrededores, utilizar materiales naturales, fuentes de energía renovable y manejar los residuos y efluentes sin dañar los alrededores.

En los últimos años se han hecho avances significativos para permitir que los planificadores y diseñadores minimicen estos impactos. Diversas organizaciones han desarrollado lineamientos efectivos para desarrollar un mejor diseño y brindar una adecuada infraestructura para el ecoturismo.

Según el Arquitecto Ceballos-Lascuráin (1998) el ecoturismo es aquella modalidad turística ambientalmente responsable consistente en viajar o visitar áreas naturales relativamente sin disturbar con el fin de disfrutar, apreciar y estudiar los atractivos naturales (paisaje, flora y fauna silvestres) de dichas áreas, así como cualquier manifestación cultural (del presente y del pasado) que pueden encontrarse ahí, a través de un proceso que promueve la conservación, tiene bajo impacto ambiental y cultural y propicia un involucramiento activo y socioeconómicamente benéfico de las poblaciones locales.

Otro aspecto importante en el ecoturismo es la interpretación y por lo tanto son esenciales las facilidades educacionales y recreacionales: centros de interpretación y visitantes, refugios, plataformas paisajísticas, señalización y senderos de interpretación.

Los ecólogos Oscar Salazar y Marvin Melgar (2006) señalan que, para el desarrollo de infraestructura ecoturística, se debe de seguir ciertos lineamientos que puedan regular el impacto que las personas causan en las áreas protegidas, siendo estos los siguientes:

- Los diseños de sitio para los proyectos a desarrollar dentro del área deben ser elaborados por un profesional en el campo (ingeniero o arquitecto, paisajista, con amplia experiencia en áreas silvestres protegidas o similar), quien debe trabajar en coordinación con la comunidad receptora.
- Las propuestas deben contar con un Estudio de Impacto Ambiental (EIA), y responder a un plan de manejo del área protegida. El tratamiento del paisaje del sitio y su entorno debe ser considerado como un todo integrado e interrelacionado, incorporándose a él de la manera más natural posible.

3. PARTICIPACIÓN COMUNITARIA: IDEALIZACIÓN DEL PROYECTO

Las características que cada lugar posee lo hacen especial y van a ser ellas las que determinen los criterios a tomar a futuro. Es importante que la comunidad reconozca lo que es suyo sepa sus fortalezas y sus debilidades. Es por ello que desde un inicio a la comunidad campesina de Atiquipa se les hizo partícipe de la idea y se trabajó con ellos diversas alternativas, preguntándoles sus deseos e identificando sus necesidades. Para la presentación e inicios de la investigación se realizó una exposición en el local de la Municipalidad, asistieron niños y adultos, luego se trabajaron talleres por grupos separados. Los propósitos de los talleres fueron:

- Hacer partícipe en todo momento a los comuneros y niños del distrito en el diseño del proyecto de diseño del Centro de Interpretación, Ecológico y Ambiental (C.I.E.A) sobre todo en la etapa inicial.
- Incentivar la cultura de conservación de sus recursos naturales y mostrarles de manera didáctica que la arquitectura en tierra puede ayudar a conservarlos y que está relacionada con la vida cotidiana tanto a nivel de vivienda como de ciudad.

3.1 Taller de trabajo participativo adultos

Se comenzó haciendo una lluvia de ideas y se usó la técnica de las nueve cuestiones, técnica que sirven para la planificación y procesos participativos.

Teniendo como resultado lo siguiente:

1. ¿Qué? (Naturaleza del proyecto)

Queremos un lugar para recibir a los visitantes, un lugar comunal para reuniones y eventos además queremos espacios de descanso y un sitio donde estén los investigadores.

2. ¿Por qué? (Fundamentación)

Porque queremos mostrar a la gente todo lo que tenemos y se debe conservar. Porque siempre vienen turistas y no hay donde recibirlos.

3. ¿Para qué? (Objetivos)

Para estar más organizados y también tener trabajo y que los demás lugares sigan nuestro ejemplo y para que se conserve la flora y la fauna que se está perdiendo.

4. ¿Para quién? (Destinatarios)

Para todos los vecinos y que nuestras generaciones no se vayan fuera a buscar trabajo. Para los turistas que se sientan bien y vengan más.

5. ¿Dónde? (Localización)

Que este cerca al pueblo, cerca al ingreso y que este en un lugar donde no malogre el bosque.

6. ¿Cómo? (Metodología de acciones y de evaluación)

Haciendo asambleas, capacitando a los adultos, niños y jóvenes donde todos participen en faenas comunales.

7. ¿Cuándo?

Cuando se llame a reuniones y cuando se consiga financiamiento

8. ¿Con qué? (Recursos materiales, económicos, humanos)

Con materiales de la zona especialmente construir con tierra (adobe) y con la participación de todos. También rescatar y sembrar las especies de árboles de la zona.

9. ¿Cuánto? (Presupuesto)

Que sea barato y que nos apoye la municipalidad y conseguir financiamiento del extranjero y del gobierno.

3.2 Taller de trabajo participativo niños

Con los niños de la Institución Educativa 40289 se trabajó un taller enfocando el lado artístico y el reconocimiento espacial denominado 'Mi casa en las Lomas'. La primera parte consistió en explicarles los elementos de una vivienda y por qué son necesarios cada uno de ellos. En la segunda parte los niños identificaron las características del clima y describieron como era su vivienda. En la tercera parte cada uno dibujo en un papel su vivienda identificando lo aprendido. Finalmente se elaboró una maqueta grupal de una vivienda ideal las Lomas de Atiquipa.

Conclusiones del taller infantil:

1. Los niños reconocieron el clima predominante de las Lomas de Atiquipa y afirmaron que hace mucho calor en verano y llueve bastante en invierno.

2. Reconocieron a la naturaleza (plantas y animales) como importantes y a su vez reconocieron a las especies xerofitas como parte de su contexto.

3. Manifestaron que se debe cuidar el agua ya que ellos toman agua de neblina y que se recoge de los Atrapanieblas.

4. Dijeron que la mayoría de sus casas no tiene techo con caída y les pasa agua cuando llueve.



Figura 3 –Taller de diseño participativo con los niños del colegio 40289 de Atiquipa, donde hicieron una maqueta de una vivienda ideal para el clima de Lomas.

3. CENTRO DE INTERPRETACIÓN ECOLÓGICO Y AMBIENTAL (C.I.E.A)

La propuesta final del Centro de Interpretación está concebida bajo criterios bioclimáticos y energías renovables, el cual sería una herramienta para salvar el conocimiento vernáculo de la tierra y la conservación de ecosistemas de gran fragilidad como es el caso de las Lomas Costeras donde se inscribe el proyecto.

Además de la integración de la arquitectura con su entorno inmediato, destacando las visuales hacia los solsticios y al lado sur este (visuales hacia el mar). El conjunto arquitectónico conformado por diferentes zonas, está destinado a exhibir e interpretar la fauna y flora que compone la biodiversidad del ecosistema de lomas de Atiquipa así como de su cultura e historia. También se pensó en diseño como un espacio donde se podrá enseñar y aprender acerca de la conservación del medio ambiente, construcción en tierra y temas de interés, tanto para los visitantes como para la comunidad local. Una de las características especiales del proyecto es que se dividen en sectores, integrado por distintos espacios independientes que a su vez se encuentran relacionados entre sí mediante las circulaciones horizontales y plazas.

Zonificación: La estrategia para ordenar estos espacios se logró a partir del análisis potencial de su ubicación y dimensión que el terreno ofrecía para cumplir la función requerida. Tomando como eje ordenador las dos piedras importantes y reconocidas por los pobladores ubicadas al frente del terreno.

Materiales: Se propone el uso de adobe reforzado y quincha prefabricada lo cual sería una herramienta para revalorar el uso y el conocimiento vernáculo de la tierra cruda. A su vez se plantea el tratamiento del paisaje borde en andenerías inspirado en el lenguaje prehispánico que se caracteriza por la integración y el respeto a la naturaleza.

Tabla 1: Resumen de los criterios tomados para el proyecto

NECESIDAD	ECOTECNOLOGÍA
Rescate de sistema constructivos (tierra) y materiales locales	Adobe reforzado y quincha prefabricada, piedra del lugar
Abastecimiento de energía y agua caliente	Paneles solares con celdas fotovoltaicas
Abastecimiento de agua	Captación de agua de lluvia y reciclaje
Evacuación de desechos	Baños secos y adecuada ventilación
Aguas grises	Tratamiento de aguas mediante humedales, biofiltros y otros, para su re uso en el riego de jardines.
Evacuación de residuos sólidos (basura)	Recolección, separación y selección de basura para reciclaje.
Tratamiento paisajístico	Rescate de especies endémicas, optimizar el uso del agua (técnica de mulch)

A fin de lograr un enfoque de inclusión social (personas con habilidades especiales, niños y ancianos) se diseñaron los recorridos con pendientes bajas creando un tapiz continuo que guía al usuario por el centro. Se trabajó también en la re-interpretación de sistemas de protección solar ancestrales como ramadas y parasoles logrando así un lenguaje de integración formal con el medio.

Tanto los espacios exteriores como interiores buscan interpretar la cultura del pueblo mediante materiales y texturas, además incorpora elementos dinámicos como captadores solares que optimizan los consumos de energía.



Figura 4 –Vista en 3D del Centro de Interpretación Ecológico y Ambiental propuesto para las Lomas de Atiquipa.

4. CONSIDERACIONES FINALES

El distrito de Atiquipa posee un sin número de atractivos naturales y alberga a las lomas costeras de mayor biodiversidad del país, así mismo su población cuenta con grandes conocimientos de los sistemas constructivos ancestrales en tierra de la zona.

La conservación y manejo adecuado de los sistemas constructivos ancestrales en tierra proporcionaría beneficios para el desarrollo sostenible comunal siendo algunos de éstos: generación de empleo a la comunidad, el aprendizaje del medio natural y fortalecimiento de las técnicas constructivas tradicionales y educación ambiental.

En este contexto, la importancia de la participación comunitaria es vital para la recuperación de su tradición constructiva, la cual podría promoverse por medio del Centro de Interpretación Ecológico y Ambiental, dando como resultado una mejora constante, no sólo en la resolución de los detalles técnicos-constructivos-estéticos, si no en una apropiación y orgullo de pertenencia y rescate de la cultura local, que se ha ido perdiendo por la supuesta 'modernización' del lugar.

La construcción en tierra presente en esta zona ha sido capaz de soportar diversos eventos sísmicos a lo largo de los siglos siendo una prueba de su eficiencia y adaptación al entorno la cual nos invita a rescatar sus cualidades y que volamos a creer en dichas técnicas como una alternativa confiable y de hábitat digno, en el campo de la autogestión y la autoproducción de la vivienda que no tienen nada que envidiar a los sistemas constructivos que hoy en día se han venido popularizando.

Durante el trabajo realizado en la zona la comunidad se comprometió a rescatar y revalorar la construcción en tierra mostrándose ávida a recibir información técnica que pueda complementar sus conocimientos para la mejora de la misma.

Es por ello que uno de los desafíos más importantes en estos tiempos es lograr instalar en la educación técnica y universitaria la formación de recursos humanos, de manera responsable, en cuanto a las ventajas y las limitaciones de la tierra como material y como arquitectura.

Quizá hoy el principal motivo que mantiene a la arquitectura en tierra sea el paradigma de la sustentabilidad con el fundamento que le otorgan sus ventajas ya comprobadas, pero es necesario pensar y ampliar el interés común en los distintos sectores de la sociedad para que lo que por ahora se considera como tendencias de desarrollo, pueda instalarse en el cotidiano de nuestra construcción y sobre todo empleando a la tierra como una cultura de tradición constructiva muy propia del país.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvariño. M.; Burga, J. (2001). Arquitectura popular en la costa peruana. Lima: Backus: UPC.
- Ceballos-Lascuráin, Héctor (1998) Ecoturismo, naturaleza y desarrollo sostenible. México DF: Diana
- Salazar. O.; Melgar. M. (2006). Lineamientos para infraestructura y equipamiento de áreas protegidas. Gestión ambiental y sostenibilidad. Disponible en <http://www.gestiopolis.com/>

AUTORA

Johanna Guadalupe Saavedra Ramos, Arquitecto con el grado de excelencia, Universidad Ricardo Palma, Lima – Perú con especialidad en Arquitectura bioclimática y eficiencia energética, Diplomada en ecoturismo y comunidades, Certificada en Diseño en Permacultura. He diseñado viviendas, parques infantiles, colegios y diversos edificios, siempre dando énfasis a la arquitectura bioclimática y arquitectura en tierra. He realizado investigaciones sobre espacio público, arquitectura en tierra y sistemas constructivos naturales. Actualmente soy asesora en proyectos de desarrollo sostenible y ecoturismo en comunidades alto andinas y costeras y participó activamente en actividades con colectivos diversos relacionados a temas medio ambientales y de desarrollo sostenible.

TAIPA CONTEMPORÂNEA. ALEXANDRE BASTOS – CRIATIVIDADE E MATURIDADE

Filipe Jorge

ARGUMENTUM Edições, Lisboa, Portugal filipejorge@argumentum.pt

Palavras-chave: Taipa, arquitectura, modernidade

Resumo

A construção em taipa evidencia a utilização de um material abundante no território e de uma técnica tradicional repetida, sem mutações, desde um passado ancestral. O material encontra-se normalmente no local da obra e nela se desenvolveu a construção executada pelos próprios utentes, com a ajuda de um mestre. Custos mínimos do material e técnicas rudimentares responderam, em conjunto, à necessidade de construção das populações pobres e sem recursos a tecnologias complexas.

No passado, a taipa não foi uma escolha, mas sim uma resultante conjuntural, económica e cultural do mundo rural. Na contemporaneidade, a taipa não é mais a tecnologia das massas, mas uma opção das minorias. Uma nova geração de projectistas, moldada com referências às técnicas tradicionais, elege a taipa como forma de dar continuidade à tradição através de um futuro mais utópico e mais sustentável.

Nessa geração sobressai o Arquitecto Alexandre Bastos, cuja prática profissional é um manifesto no uso e apologia da taipa, como opção construtiva resultante da escolha reflectida e esclarecida. Essa escolha enraíza-se numa larga experiência que traduz opções ecológicas, criativas e conceptuais.

1. INTRODUÇÃO

Los tiempos en que el barro era el material de construcción de los pobres ya han pasado. Hoy se construyen con él casas para gente rica. Pero por desgracia, el Estado sigue sin encontrar barro para la construcción de viviendas sociales

Elie Mouyal, Arquitecto, Marrakech in Vegesack e Kries (2003, p.).

A taipa será talvez das técnicas construtivas mais antigas e mais divulgadas pelo mundo e que ainda hoje se realiza da mesma forma que no passado.

Além das vantagens em termos políticos e económicos, sociais, técnicos e ecológicos, o material 'terra' tem um interesse cultural e arquitectónico. A diversidade das arquitecturas de terra e dos seus modos de construção possíveis é uma aposta contra o imperialismo cultural e o regresso às normas de carácter uniforme e incaracterístico do 'estilo internacional' ao qual nos é difícil escapar, de há uns anos a esta parte. Assim, o recurso às arquitecturas de terra poderia facilitar uma reinserção vital da arquitectura em várias tradições culturais e populares, próprias das comunidades, e reconciliar-nos enfim com o sentido e o uso da engenharia local, recriando ao mesmo tempo uma coerência dinâmica e um laço contínuo entre a história, a actualidade e o futuro (Dethier, 1986, p.)

Esta referência de Jean Dethier para ilustrar a retoma da tradição como forma de dar continuidade à situação que se vivia na Europa na segunda metade do século XX, na introdução à exposição 'Arquitectura de Terra - ou o Futuro de uma Tradição Milenar' veio dar um grande impulso ao olhar retrospectivo de uma geração que procurava interpretar um presente cheio de interrogações.

No início dos anos de 1990, curiosamente, na década em que se realizou em Portugal a 7ª Conferência Internacional da Terra, uma nova geração de projectistas é motivada pela consciência da arquitectura popular e das suas técnicas tradicionais de construção.

Nessa altura, era já natural encontrar os primeiros exemplos de habitações unifamiliares (da classe média urbana) construídas de raiz com recurso à técnica da taipa projectadas por uma geração com uma elevada consciência das técnicas tradicionais de construção.

Nesses últimos anos do século XX, são as novas gerações de arquitectos, engenheiros e construtores a motivar e a serem mutuamente influenciados para a reaprendizagem e reutilização da técnica tradicional da taipa, tanto em obras novas como, e especialmente, na reabilitação de ruínas ou casas abandonadas, também elas construídas em taipa há muitas dezenas de anos.

A fusão dos conhecimentos das técnicas tradicionais com o desenvolvimento de práticas construtivas apoiadas em novas experiências tecnológicas, permitiu abrir um caminho de optimismo e de esperança para uma prática profissional mais próxima das populações e dos mestres construtores e, portanto, uma praxis mais madura, que absorve a cultura local, que a defende e a faz perdurar no futuro.

Uma nova geração de projectistas, moldada com referências às técnicas tradicionais, elege a taipa como forma de dar continuidade à tradição através de um futuro mais utópico e mais sustentável. Nessa geração sobressai o Arquitecto Alexandre Bastos, cuja prática profissional é um manifesto no uso e apologia da taipa, como opção construtiva resultante da escolha reflectida e esclarecida. Essa escolha enraíza-se numa larga experiência que traduz opções ecológicas, criativas e conceptuais.

A taipa é escolhida como técnica construtiva, tradicional numa região, entendida com rigor tecnológico e versatilidade sustentável e usada com maturidade conceptual e assente na liberdade da sua expressão plástica plural.

2. CRIATIVIDADE E MATURIDADE

Alexandre Bastos, arquitecto que se fixa na região de Odemira em 1984, estava certamente longe de pensar que em 1993, ao projectar e construir o seu próprio atelier, estava a iniciar um percurso profissional de dezenas de obras em Taipa.

Alexandre Bastos vinha dos seus primeiros cinco anos de actividade profissional que houvera cumprido na companhia de bons arquitectos dessa época. A par disso, no seu *background*, estava a vivência/frequência do Curso de Pintura que que frequentara antes de Arquitectura.

À sua boa formação académica juntava-se uma particular atenção e sensibilidade à arquitectura popular e um certo conhecimento do terreno.

Já em Odemira, a consciência da cultura local robustece-se com o convívio com os melhores mestres taapeiros da região, que eram os últimos portadores da sabedoria tradicional da construção com terra.

Ao contrário de outrora, hoje se constrói em terra por opção e não por necessidade. Esta diferença marca o sentido da utopia, tanto mais que a taipa, as paredes (normalmente apenas as exteriores) representam 10% a 14% da totalidade da obra, e como o seu custo é metade de uma obra convencional (não tem pilares, sapatas, vigas de fundação, lintel normal, parede dupla de tijolo com isolante, nem caleiras para as humidade, nem reboco porventura em uma das faces da parede), fica claro de ver que o modo convencional demoraria muito mais tempo e acarretava mais custos. (...) Nunca os arquitectos, ligados à terra, pensaram tanto na construção e na sua destruição. Ora a tradição indica-nos que as casas nascem, vivem e morrem. Esta utopia da construção permanente, ser efémera (ou poder ser), ou ser eterna, modifica o conceito de construção e sobretudo o de arquitectura. Significa outra utopia, a liberdade plena e a grande mobilidade da taipa, de a modificar para as gerações vindouras, e com um material eterno, fazer o efémero, e ainda outra utopia, aproveitar o mesmo material a zero euros, fazendo-o renascer. (Bastos, 2003, p.)

Alexandre Bastos segue o seu caminho sempre apoiado na permanente investigação das tecnologias que os mestres lhe revelam no exercício da construção das suas obras e, por outro lado, na constante inquietação da sua prática profissional, questionando a forma de conceptualizar os seus projectos e a coerência de exprimir reflexões teóricas inerentes ao acto de projectar.

Impulsionado pela vontade de trabalhar por conta própria, empreende o projecto e concretiza a obra do seu próprio atelier que constrói com os mestres taapeiros com quem desenvolveu o seu conhecimento técnico.

O edifício Atelier é uma obra paradigmática tanto na sua carreira como no panorama da contemporaneidade em terra em Portugal.

Desde logo, pela opção deliberada na técnica construtiva (que à época era difícil de licenciar) e depois pela objectividade do seu programa: um atelier de pintura, fotografia e arquitectura, espaço de duplo pé-direito e mezzanine, integrando laboratório e um quarto para alojamento ocasional (Figuras 1 e 2).



Figura 1. Vista do Atelier



Figura 2. Interior do Atelier

Obra totalmente construída em taipa à vista estabelece uma extraordinária relação com o exterior, através do seu vão em arco que banha de luz o espaço destinado à pintura e pela janela que parece incluir um tanque situado no exterior, com a magia do plano de água no espaço interior do edifício.

De forma semelhante, na moradia do Carvalho/Troviscais, se estabelece uma relação com o exterior de forma ousada e imaginativa, promovendo a fluidez entre espaços dentro/fora e a valorização de cada um em particular, recriando as suas escalas (Figura 3).



Figura 3. Moradia do Carvalho/Troviscais

Sempre que pode, Alexandre Bastos incorpora sugestões figurativas e intervenções plásticas nas componentes arquitectónicas dos edifícios, seja pelo recorte pictórico dos rebocos caiados sobre taipa (Figura 4), seja pela incorporação de frescos pintados em rebocos, no Atelier, ou pela própria combinação de texturas dos materiais, como é o caso na moradia Zambujeira Velha de Santa Maria e de baixos-relevos nas paredes, como é o caso do Mercado de S. Luís, também na região de Odemira.



Figura 4. Recorte pictórico dos rebocos caiados sobre taipa na casa Zambujeira Velha de Santa Maria

Noutros casos, a originalidade conceptual surge pela descolagem dos elementos estruturais das componentes arquitectónicas como na casa da Caldeirinha/Troviscais, onde um potente arco de tijoleira se emancipa de paredes e coberturas, traduzindo-se por uma poética desconstrutivista que marca a imagem e a organização do espaço interior entre zonas de cozinha e sala, fundidas, mas separadas (Figuras 5 e 6).



Figuras 5 e 6. Vista do arco de tijoleira na casa Caldeirinha/Troviscais

Por vezes é a tipologia da encomenda, como é o caso da moradia em Troviscais de Wally Makepeace (Figura 7), que permite a concepção de espaços volumetricamente independentes, mas coadjuvantes, que assim ganha, uma incontornável identidade.



Figura 7. Moradia de Wally Makepeace

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Das cinco obras apresentadas e que foram aleatoriamente seleccionadas de um conjunto de várias dezenas de habitações em taipa, que Alexandre Bastos projectou e construiu ao longo de cerca de 25 anos de intensa e dedicada actividade, torna-se muito evidente que a escolha dessa técnica de construção é uma opção determinada, reflectida e esclarecida que

dá suporte à continuidade de uma tradição construtiva e a uma originalidade arquitectónica, própria de quem fez um percurso profissional tão próprio e tão coerente.

Alexandre Bastos trilha um caminho de fusão arquitecto/pintor, enriquecendo as suas obras do contributo técnico e artístico, que protagoniza e que amplifica a qualidade do objecto arquitectónico, bem vincada na originalidade e maturidade conceptual assente na liberdade da sua expressão plástica plural.

Alexandre é um exemplo de como um arquitecto com formação de artista plástico pode introduzir mais valias no processo de concepção arquitectónica.

Por outro lado, o seu apreço pela arquitectura popular, o seu entendimento dos seus modelos e um profundo conhecimento das características construtivas, permite-lhe um enraizamento cultural da prática projectual, bem expresso nas soluções encontradas no compromisso entre tradição e modernidade.

As suas obras constituem bons exemplos de diversidade tipológica e valorização estética do emprego da taipa como processo construtivo e como material bastante expressivo em cor, textura e modelação formal.

Como confessa o autor Alexandre Bastos, “A taipa dá-nos uma possibilidade criativa, tanto como na pintura...”

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bastos, Alexandre (2003). Liberdade - Terra/Taipa. In: International Seminar on Earth Architecture. Porto: Universidade do Porto

Dethier, Jean (1986). Histoire, actualité et future. Introdução em: Des architectures de terre; ou l'aenir d'une tradition millénaire. Paris: ed. Centre Pompidou

Vegesack, Alexander von; Kries, Mateo (edit). (2003). Vivir bajo la media luna - Las culturas domésticas del mundo árabe. Vitra Design Stiftung GmbH, Alemanha, 2003

AUTOR

Filipe Jorge, arquitecto, fotógrafo e editor. Pós-graduado em Recuperação de Património Arquitectónico e Urbano, Universidade de Évora. Editor de temas de Arquitectura, Urbanismo, Património e Fotografia aérea. Membro da Ordem dos Arquitectos (Portugal), do ICOMOS e da Rede Ibero-americana PROTERRA. Ex-membro dos Órgãos Sociais da Associação CENTRO DA TERRA (Portugal).

ENSINO, FORMAÇÃO, CAPACITAÇÃO E TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA

ARTIGO CIENTÍFICO

Análise e perspectivas da pesquisa científica sobre construções em terra no Brasil

Rafael Torres Maia, Andrea Naguissa Yuba, Juliana Couto Trujillo

Sustentabilidade e interdisciplinaridade em processos construtivos tradicionais com terra

Maria Estela Rocha Ramos

INFORME TÉCNICO

Vivências e aprendizados de arquitetura de terra em um canteiro experimental

Ingrid Braga e Margareth Figueiredo

Projeto FAE 15/12 – Processo educativo na formação de assentados da reforma agrária para produção de BTC

Yasmin Arielly Cavalcante, Denis Costa Comandule, Micaella Archanjo Martins e Eduardo Salmar Nogueira e Taveira

Aprender e fazer: a experiência do grupo de estudos alternativos para o habitat sustentável da PUC-Minas, campus Poços de Caldas

Ludmilla Francisca Duarte, Lucas Pierre Paiva de Souza e Rosana Soares Bertocco Parisi

Técnicas construtivas mistas: quincha peruana associada ao ensino de arquitetura e construção

Aline Ayami Kobayashi, Giovana de Carvalho Marchesin e Paul Newman dos Santos

A criança e a construção com terra: cantos e encantos da cidade

Rosana Soares Bertocco Parisi, Esther Aparecida Cervini, Kátia Maria Pacheco Saraiva, Ludmilla Francisca Duarte e Milena Martins de Ávila

Forças, oportunidades, fraquezas (dificuldades) e ameaças na sensibilização, capacitação e formação de mão de obra nas técnicas em terra

Raymundo Rodrigues Filho

Projeto Tons da Terra, ensinando química através da fabricação de tinta de solo em Manaus-AM

Fernanda Tunes Villani, Gyovanni A. Aguiar Ribeiro, Rosa O. M. Azevedo, Danielle Cristina O. Ferreira, Ingrid do Nascimento de Sousa, Guilherme Tunes Villani Mendes

ANÁLISE E PERSPECTIVAS DA PESQUISA CIENTÍFICA SOBRE CONSTRUÇÕES COM TERRA NO BRASIL

Rafael Torres Maia¹; Andrea Naguissa Yuba²; Juliana Couto Trujillo³

¹Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas; Maceió/Alagoas – rafamaia@yahoo.com
Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul; Campo Grande/Mato Grosso do Sul
²naguissa@gmail.com; ³juliana.trujillo@ufms.com

Palavras-chave: construções em terra; apropriação tecnológica; bibliometria; produção científica.

Resumo

O interesse nas pesquisas sobre o uso de terra em construções tem aumentado à medida que informações técnicas quanto ao seu desempenho e adequação ambiental vêm se tornando mais acessíveis aos usuários e também ao universo de pesquisadores. Apesar do aparente crescimento do interesse e das diversas vertentes de pesquisa sobre o uso da terra, não é perceptível a apropriação da tecnologia pela sociedade. O objetivo dessa pesquisa é identificar quais são as possíveis razões para esse fato. Este artigo apresenta uma análise da produção científica brasileira sobre o uso de terra na produção de edificações e foi elaborado como um estudo bibliométrico, associado a entrevistas fechadas com pesquisadores da área. A primeira parte foi feita tendo como base os anais dos quatro eventos técnico-científicos TerraBrasil, com trabalhos publicados entre 2006 e 2012. A segunda parte mapeou as lacunas de pesquisa, com relação aos avanços da produção no cenário internacional. A maioria dos estudos nacionais baseia-se em estudos de caso e está concentrado, principalmente, na região sudeste do país. Os autores são, em sua maioria, arquitetos e/ou docentes e o foco das pesquisas aponta preponderantemente para as questões de tecnologia e inovação e são em grande parte de natureza prática. O desenvolvimento das pesquisas no cenário nacional seguem as tendências de pesquisa internacionais e verifica-se a interferência das questões ambientais, financeiras, de conforto térmico, normatização e preconceito. É possível concluir que a falta de dados sistematizados que possibilitem uma análise da produção tecnológica e científica sobre o assunto dificulta a realização dessa avaliação, porém há indícios de que faltam trabalhos que tenham uma visão mais ampliada. Uma clara orientação das lacunas de pesquisa, feita de forma conjugada entre entidades promotoras do uso da terra e universidades pode ser benéfica para agregar mais informações confiáveis em curto prazo para a composição de normas e políticas públicas que favoreçam o uso da terra como material construtivo no Brasil.

1 INTRODUÇÃO

O interesse nas pesquisas sobre o uso de terra em construções tem aumentado à medida que informações técnicas quanto ao seu desempenho e quanto a sua adequação ambiental vêm se tornando mais acessíveis aos usuários e também ao universo de pesquisadores.

As demandas por materiais menos impactantes, presentes nos requisitos de avaliação de sustentabilidade, invariavelmente apontam para os materiais naturais e com baixo nível de processamento. A dificuldade crescente de trabalhar com a madeira, no cenário nacional, seja pelos preços altos, qualidade ou falta de confiabilidade dos fornecedores, colabora para aumentar o interesse sobre as técnicas de construção com terra.

Na perspectiva da disseminação, o registro das técnicas tradicionais, associado à valorização dos saberes locais de construção e mais recentemente, o potencial para a contribuição com a redução das desigualdades sociais é também motivação para o acompanhamento do desenvolvimento das pesquisas na área.

Os centros de pesquisa sobre construção de terra (França, Austrália, EUA, Alemanha, Portugal, Inglaterra) agregam também a extensão, com foco na capacitação de mão de obra e de projetistas.

Similar foco tem a Rede PROTERRA (Rede Ibero-Americana de Arquitetura e Construção com Terra), que representa um conjunto de especialistas de 22 países, que explicita a

atuação em capacitação e transferência da tecnologia, apoio técnico a projetos de pesquisa aplicada, intercâmbio de informações e experiências, assessoria e consultoria, informação e difusão da tecnologia, elaboração de normas e procedimentos de execução; e, publicações especializadas.

Em pesquisa, os temas recorrentes são: determinação do teor de cimento para construção de terra, argamassas para adobes, resistência estrutural, umidade ótima para compactação, levantamentos patrimoniais, revestimentos, projeto de estruturas, métodos de restauro, estrutura para sismos, uso de cinzas e outros materiais (Jaquin, 2008).

O Brasil tem a atuação da Rede TerraBrasil (Rede Brasileira de Arquitetura e Construção com Terra) que congrega informações de variados aspectos relacionados à arquitetura e construção com terra. Quanto à produção científica, no Brasil, está em consolidação (o evento mais representativo, o TerraBrasil - Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil, encontra-se em sua quinta edição), quando comparada aos demais países ibero-americanos, que já têm historicamente a tradição de construção com terra e também sua discussão (o SIACOT- *Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra*, está na 14ª edição e o ATP -Seminário de Arquitetura de Terra em Portugal, na sétima).

As discussões oficiais mais recentes em forma de eventos científicos são o MEDITERRA - *Earthen Architecture in the Mediterranean region* e o ResTAPIA – *International Conference on rammed earth*.

2 ALGUMAS CARACTERÍSTICAS DOS PESQUISADORES

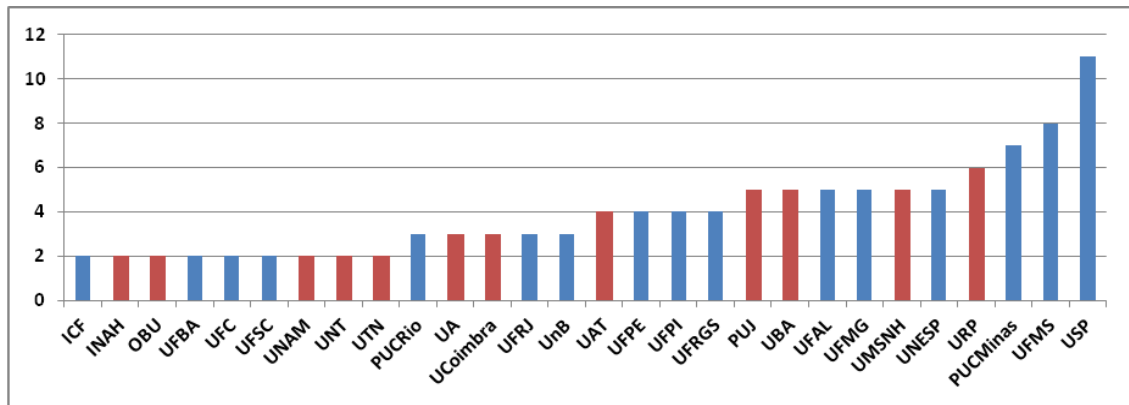
Os eventos SIACOT discutem os temas listados na tabela 1, que representam os principais focos de discussão sobre o assunto.

Tabela 1. Temas dos eventos SIACOT (II ao XII)

Tema	Inclui
Construção contemporânea	Habitação social, casos, protótipos, sustentabilidade, projeto, avaliação pós-uso
Tecnologia e inovação	Ciência dos materiais, desenvolvimento de técnicas, componentes, sistemas e processos construtivos, desempenho (sismos, durabilidade)
Saúde	Políticas públicas, salubridade, uso e manutenção
História e patrimônio	Inventário, intervenção, preservação, restauração. Gestão para o turismo, arqueologia, arte, antropologia, patrimônio intangível
Estado da arte	Autoavaliação, desafios e gargalos, tendências
Transferência de tecnologia	Educação, formação e capacitação, normas, recomendações técnicas, alcance, impacto social, troca de conhecimento, divulgação

Os eventos TerraBrasil têm um caráter de abertura, para dar a oportunidade de divulgação de trabalhos desenvolvidos nas mais diversas áreas. Os temas são: Materiais e técnicas de construção; História, conservação e patrimônio; Arquitetura contemporânea; Sustentabilidade das construções; Ensino, formação e capacitação; e, Transferência de tecnologia. O número de participantes é, em média, de 300 assistentes nas palestras e de 120 nas oficinas. Os eventos contemplam oficinas, apresentação de trabalhos, palestras, visitas técnicas, exposições, lançamento de livros.

Quanto às características dos autores, o levantamento dos eventos TerraBrasil de 2006 a 2012 mostra que as três instituições que mais produzem trabalhos são a USP, UFMS e PUCMinas, no Brasil (Figura 1).



*vermelho (universidades estrangeiras) e azul (universidades brasileiras)

Figura 1. Instituições de ensino superior e publicações no TerraBrasil (2006-2012)

Sobre a procedência dos trabalhos, a maior parte, em todos os eventos ainda é procedente do Brasil e da região sudeste (Figura 2). As participações mais significativas de outros países são da Argentina, México e Colômbia.

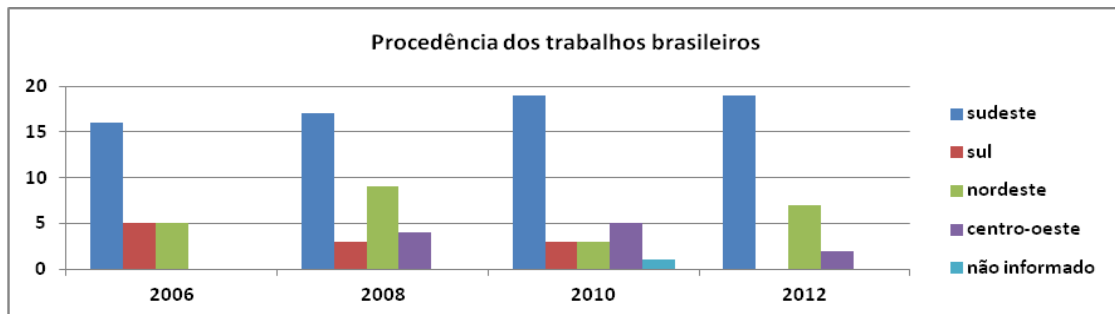


Figura 2. Procedência dos trabalhos brasileiros nos eventos TerraBrasil.

Foram identificadas 13 áreas de formação dos autores que participam dos eventos, sendo que em 2012, apenas quatro perfis participaram (Figura 3).

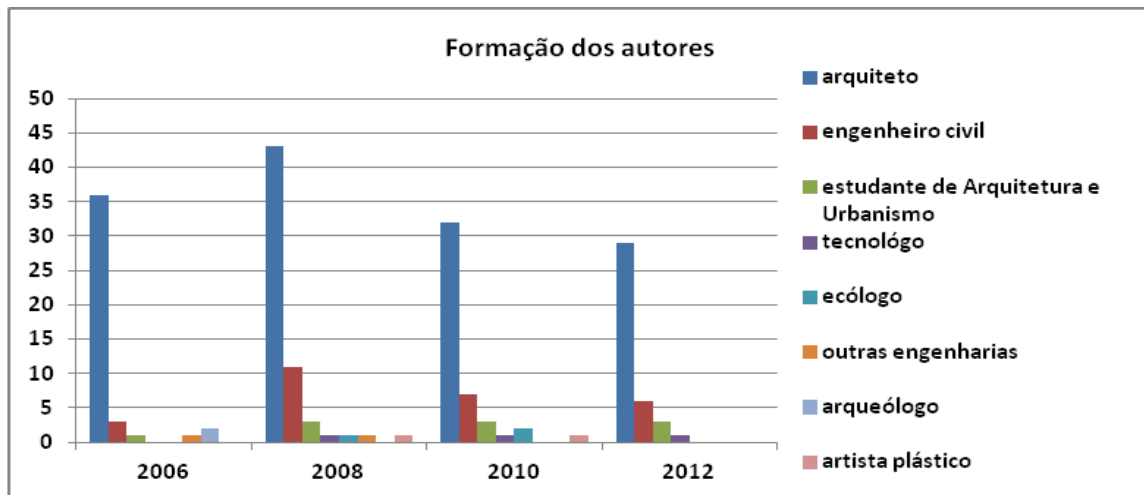


Figura 3. Formação dos autores dos trabalhos brasileiros nos eventos TerraBrasil.

A maioria dos autores é arquiteto, seguidos dos engenheiros civis. Os docentes são maioria, mas destaca-se a contribuição de profissionais autônomos, com contribuições na aplicação (Figura 4).

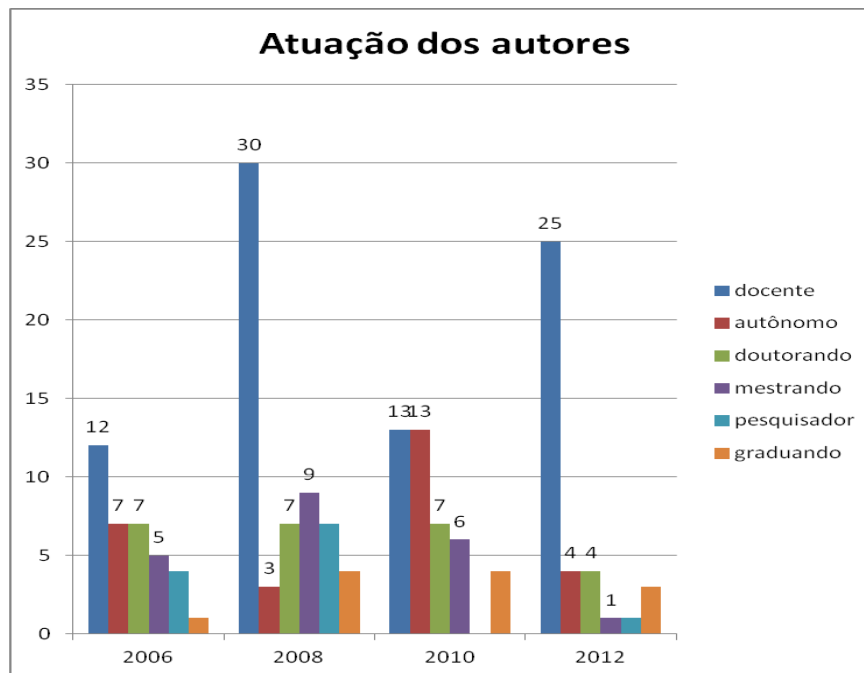


Figura 4. Área de atuação dos autores dos eventos TerraBrasil.

Na ausência de uma sistematização dos dados produzidos nos eventos TerraBrasil, torna-se relevante a pergunta: as pesquisas têm colaborado com o avanço do conhecimento sobre arquitetura de terra? E para a geração de dados tecnológicos aplicáveis? O cenário atual da construção civil, baseado preponderantemente nos sistemas construtivos tradicionais, evidencia que tal conhecimento não tem alcançado o mercado e nem o usuário final.

Outras perguntas a serem respondidas são: quais são as lacunas de pesquisa? As pesquisas brasileiras têm acompanhado os demais países? O conhecimento tecnológico disponível é suficiente para que a arquitetura de terra se desenvolva no Brasil?

Por essa razão, este trabalho tem como objetivo analisar a produção científica e tecnológica brasileira sobre o uso de terra na construção de edificações e apontar os gargalos e desafios sobre o assunto. A análise dessa trajetória das pesquisas tem como perspectiva tornar transparente algumas informações sobre a situação atual da pesquisa sobre o tema, o esclarecimento das lacunas que possibilitem estudos posteriores de avaliação de qualidade e o apontamento de outras oportunidades de pesquisa.

3 MÉTODO

3.1 Levantamento dos artigos publicados no TerraBrasil

Este trabalho apresenta os indicadores dos anais dos eventos técnico científicos brasileiros denominados TerraBrasil (TERRABRASIL, 2006; 2008; 2010; 2012) que tem como foco o uso de terra na construção e também analisa a produção do período 2006-2012, usando para tanto um estudo bibliométrico. A bibliometria "é o estudo dos aspectos quantitativos da produção, disseminação e uso da informação registrada" (Macias-Chapula, 1998, p.134).

Além dos eventos bienais TerraBrasil, há outros eventos nacionais que produzem publicações sobre o assunto, com enfoque da Ciência dos Materiais ou Construções Rurais, mas não foram considerados neste estudo.

Os 211 trabalhos de 4 eventos, foram analisados quanto a:

- tema e subtema (de acordo com a classificação proposta pelos SIACOTs (Tabela 1) pois, além de ser mais abrangente, permitirá que, em trabalhos futuros, sejam utilizados os mesmos critérios do maior evento da área);
- se pesquisa científica, descrição de obra ou descrição de projeto;

- natureza do estudo (prática, teórica ou não esclarecida);
- objetivo (exploratório, descritivo, explicativo, não esclarecido), seguindo definições de Gil (2002);
- método:
 - abordagem (qualitativa, quantitativa, quali-quantitativa ou não se enquadra);
 - procedimentos técnicos (estudo de caso, pesquisa bibliográfica, experimental, levantamento ou não esclarecido);
 - se é registro de obra;
- procedência (estado ou país);
- autores (quantidade, formação, nível, atuação, vínculo institucional).

3.2 Questionário sobre lacunas de pesquisa

Em paralelo com o estudo bibliométrico, foi proposto um questionário, com o objetivo de apontar as lacunas de pesquisa no âmbito da arquitetura e construção com terra no Brasil. Este foi aplicado com pesquisadores da Rede TerraBrasil e PROTERRA. Nessas duas redes, 150 integrantes foram solicitados a responder, porém apenas 22 o fizeram, em sua maioria da Rede TerraBrasil. Dentre esses, apenas 20 foram considerados como respostas válidas, pois os demais declararam não possuir conhecimento do assunto especificamente no Brasil. Dentre os 20 indivíduos, um optou por responder apenas parte do questionário.

O citado questionário está dividido em duas partes. Na primeira, o indivíduo é solicitado a indicar dentre seis grandes temas de pesquisa quais tem maior e menor conhecimento, numerando de 1 a 6, onde 1 é o tema de maior conhecimento e 6 é o de menor conhecimento. Em seguida, nos dois temas de maior conhecimento o indivíduo deveria enumerar pelo grau de importância quais subtemas precisam de mais ou menos pesquisa. Dessa forma foi possível obter dados sobre lacunas de pesquisa apenas sob a visão de indivíduos que alegam possuir conhecimento do tema em questão.

Na segunda parte do questionário todos os indivíduos deveriam responder, dentre múltiplas escolhas, perguntas sobre a aplicabilidade da terra para arquitetura e construção Brasil.

4. RESULTADOS

Com a sistematização da bibliometria dos trabalhos publicados nas quatro edições do TerraBrasil, foi possível organizar os trabalhos em temas gerais (Figura 5). Quanto ao tema e subtema, as tabelas informam os temas dos artigos e as particularidades dos eventos já realizados.

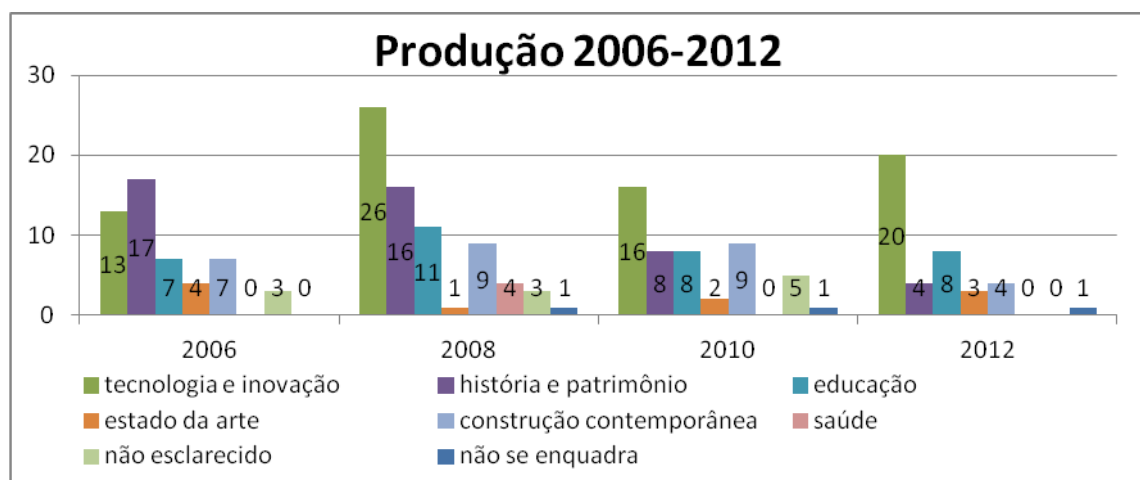


Figura 5. Produção dos trabalhos dos eventos TerraBrasil por tema e por edição

A área de tecnologia e inovação apresenta maior representatividade nos eventos. A maioria dos trabalhos é experimental, sendo os trabalhos em ciências dos materiais bastante similares entre si, havendo repetição de objetivos entre uma edição e outra. Percebe-se também que não há perspectivas de continuidade entre trabalhos, visando a transferência de conhecimento. Aliás, as questões de transferência (seja na discussão para normas ou em políticas públicas) tiveram pouca representatividade.

Sendo um evento ainda pouco consolidado, não é possível estabelecer uma análise de comportamento sobre as oscilações entre um e outro e mesmo se está havendo crescimento.

Na área de história e patrimônio (Figura 6), é nítido que a questão de preservação de patrimônio 'material' vem reduzindo gradativamente e em seis anos, está restrito a um quarto da quantidade inicial de artigos. Isso corresponde à redução da área como um todo, o que suscita o questionamento da desmotivação para a realização de pesquisas na área.

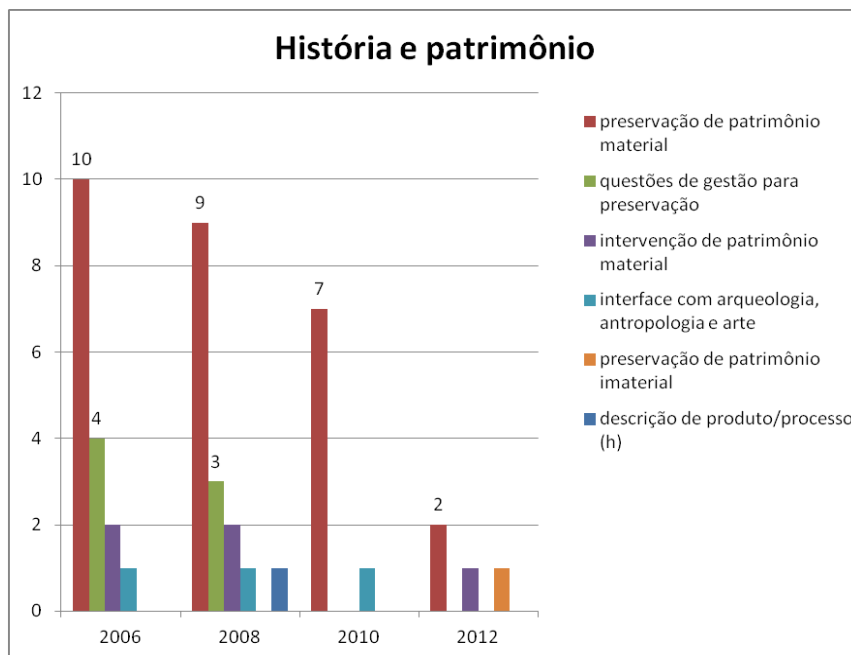


Figura 6. Trabalhos dos sub-temas da área História e Patrimônio

Percebe-se que as questões da área de gestão da construção civil não foram representadas nos últimos eventos. Os trabalhos de elaboração de inventário não são expressivos porque os levantamentos não são aprofundados e não seguem, muitas vezes, uma metodologia clara. É preciso detalhar mais os trabalhos de levantamento, seguindo metodologias consagradas.

Na área de construção contemporânea, é representativa a quantidade de trabalhos que descrevem obras ou projetos (Figura 7), mas sem caráter de pesquisa (com hipóteses a testar ou perguntas a responder). A associação com estudos de APO (satisfação, aceitação) ou avaliação de desempenho (custo, produtividade, durabilidade, patologias) poderia trazer mais contribuição do que o modo que tem sido apresentado. Todas as áreas (sustentabilidade, recomendações, políticas públicas, linguagem) são incipientes.

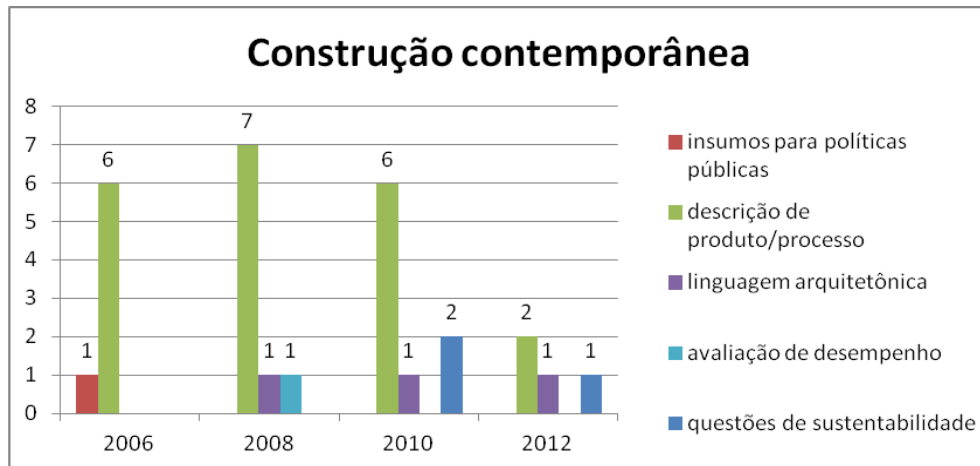
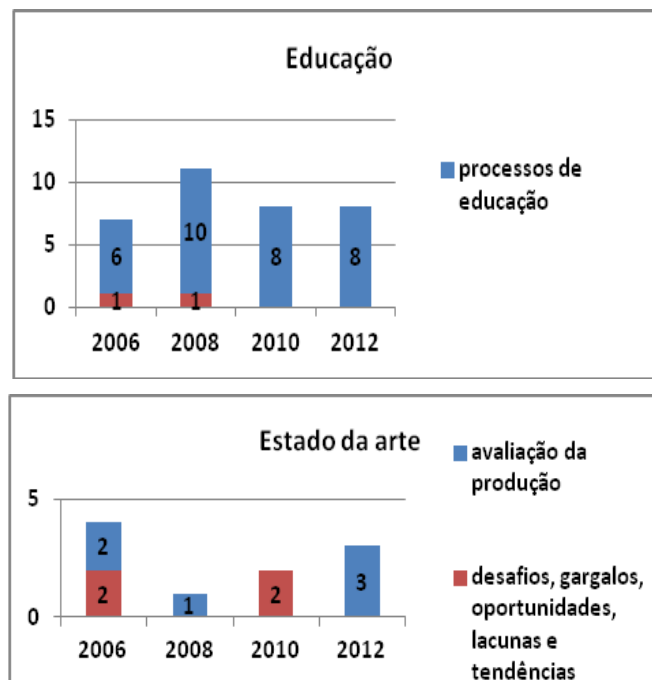


Figura 7. Trabalhos dos sub-temas da área Construção Contemporânea

Na área de Educação, são frequentes os relatos de casos de oficinas e a baixa incidência de ações em educação formal. A contribuição de estrangeiros é 38% em todas as ações. Trabalhos tipo Estado da arte são reduzidos no evento, apesar da contribuição pouco representativa (Figuras 8 e 9).



Figuras 8 e 9. Trabalhos dos sub-temas da área Educação e Estado da Arte

Quanto à 'aderência ao tema', quase 7% de trabalhos tem tema não esclarecido ou não enquadrado (Figura 10).

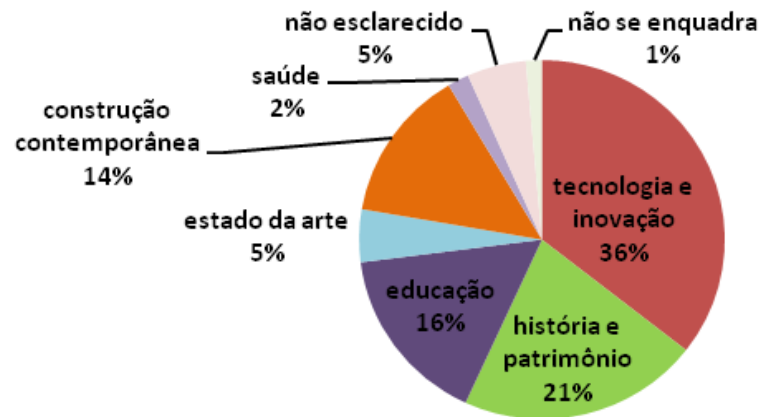


Figura 10. Produção dos trabalhos dos eventos TerraBrasil por tema

Quanto à natureza do trabalho, há muito mais trabalhos práticos do que teóricos, em todos os temas, com exceção do tema estado da arte (inverso), como podem ser observados na figura 11. Descrições de projetos e obras somam 30 descrições, do total de 211 trabalhos.

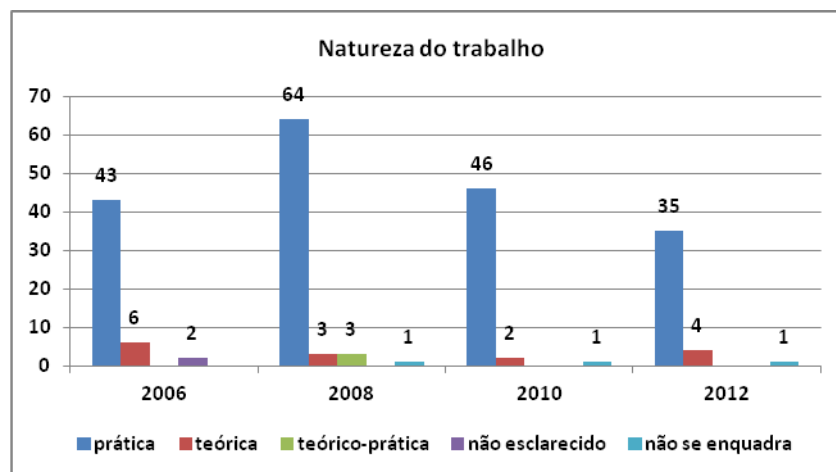


Figura 11. Natureza dos trabalhos dos eventos TerraBrasil

Quanto ao objetivo, em todas as edições, os trabalhos descritivos foram os mais expressivos, seguido dos explicativos e exploratórios. Quanto à abordagem dos procedimentos metodológicos, observa-se déficit no rigor metodológico, caracterizando os trabalhos não científicos. Há muitos relatos e estudos de caso, ou trabalhos de caráter empírico. A maioria é composta de trabalhos de caracterização (descritivos) e sem perspectivas de continuidade.

O número de trabalhos caracterizados como estudo de caso (Figura 12) é significativo nos TerraBrasil, o que permite discutir a viabilidade de aplicação dos resultados, visto que se trata de uma abordagem restrita, com dificuldade de generalização. A quantidade de trabalhos com métodos não esclarecidos em história e patrimônio, educação e construção contemporânea também são dados a considerar na elaboração de novas pesquisas.

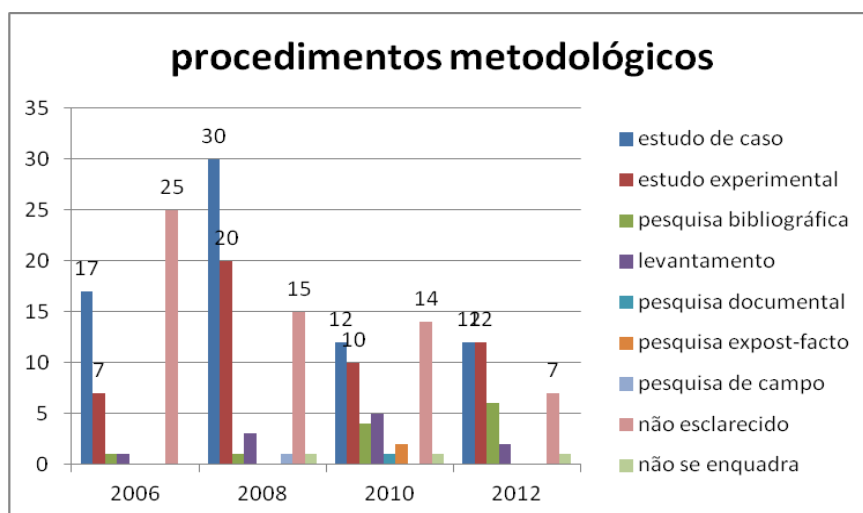


Figura 12. Procedimentos metodológicos dos trabalhos dos eventos TerraBrasil

Após a sistematização da produção científica das quatro edições do TerraBrasil, foi feita a sistematização dos questionários. Na primeira parte do questionário, foram obtidos os resultados apresentados na tabela 2.

Tabela 2. Necessidade de pesquisa dos sub-temas de arquitetura e construção com terra

TEMA	SUB-TEMA	SOMA
Construção contemporânea – 13 respostas	Questões de projeto (construção de protótipos, entre outros)	27
	Questões de sustentabilidade (visão indissociada das múltiplas dimensões, certificação)	27
	Avaliação pós-ocupação	39
	Insumos para políticas públicas (habitação social, entre outros)	39
	Outro. Qual? (Obras demonstrativas de habitação social, com rigor científico e para estratos mais populares / Alcance e impacto da divulgação das experiências realizadas; representações sociais da arquitetura em terra entre profissionais (incluindo acadêmicos) ligados ao projeto e à construção de edificações)	10
Tecnologia e inovação – 12 respostas	Ciência dos materiais	23
	Desenvolvimento de produto (componente, elemento, subsistema, sistema)	36
	Desenvolvimento de processo (técnica, método, gestão)	45
	Avaliação de desempenho (sismos, durabilidade, conforto, entre outros)	37
	Insumos para políticas públicas (formação de cadeias produtivas, entre outros)	41
	Outro. Qual? (Caracterização física e mecânica / normatização)	12
Saúde – 1 resposta	Questões de uso e manutenção	1
	Questões de salubridade	3
	Insumos para políticas públicas (combate a doenças, entre outros)	4
	Outro. Qual? (Estudos comparativos entre problemas de saúde ligados a precariedade construtiva em arquitetura de terra e em sistemas “convencionais”)	2
História e patrimônio – 2 respostas	Elaboração de inventário, intervenção, preservação ou restauração de construções	7
	Questões de gestão (para preservação, restauro, turismo, entre outros)	7
	Interface com arqueologia, antropologia, arte	3
	Questões de preservação de patrimônio intangível	3
	Insumos para políticas públicas (preservação cultural, entre outros)	10
	Outro. Qual?	0

Estado da arte – 3 respostas	Avaliação da produção (técnica, científica, entre outros)	6
	Desafios, gargalos, oportunidades, lacunas e tendências (para o desenvolvimento da tecnologia, difusão, entre outros)	3
	Outro. Qual?	0
Transferência de tecnologia – 7 respostas	Processos de educação (formação, capacitação, aprendizagem, troca de saberes, entre outros)	22
	Insumos para normas e recomendações técnicas	20
	Avaliação de impacto social	19
	Estratégias para acesso ao conhecimento (divulgação, difusão, linguagem, mídia)	22
	Insumos para políticas públicas (campanhas educativas, entre outros)	24
	Outro. Qual?	0

Com relação à "construção contemporânea", é possível observar que houve um empate entre "avaliação pós-ocupação" e "insumos para políticas públicas" (habitação social, entre outros), o que demonstra um interesse em sistematizar o processo de construção e obter dados para pleitear políticas públicas de incentivo a arquitetura e construção com terra. Ao analisar o tema "tecnologia e inovação", pode-se perceber um interesse semelhante, porém em outro estágio, o de "desenvolvimento de processo" (técnica, método, gestão), também para pleitear políticas públicas (formação de cadeias produtivas, entre outros). O outro tema com expressiva participação foi "transferência de tecnologia", porém sem apontar de forma absoluta um sub-tema de maior necessidade de pesquisa, mas ainda assim apontando "insumos para políticas públicas" (campanhas educativas, entre outros) com maior pontuação. Dos demais temas abordados, apesar da baixa representatividade na pesquisa, também apontam políticas públicas como maior necessidade de pesquisa.

Diante desses resultados foi possível identificar não só que sub-temas necessitam de mais pesquisa, como também que temas são de maior ou menor representatividade por indivíduos das duas redes. Enquanto temas como "construção contemporânea"; e "tecnologia e inovação" foram representados por 13 e 12 indivíduos respectivamente, "estado da arte"; "história e patrimônio" e "saúde" foram representados por 3; 2 e 1 indivíduos apenas.

Essa representatividade pode ser percebida também nos números de trabalhos publicados nas quatro edições do TerraBrasil (

Tabela 3), quando nos últimos três eventos, a proporção dos artigos dos temas "materiais e técnicas de construção"; e "arquitetura contemporânea" representam juntos aproximadamente 50% das publicações do ano. Ao mesmo tempo em que o tema História, conservação e patrimônio perderam gradativamente sua representatividade, passando de 39,22% em 2006 para 13,95% em 2012, e o tema "saúde"; e "estado da arte" nem aparecem como tema, e foram apresentados embutidos em outros temas. Entretanto, é importante destacar que uma das variáveis, dentre algumas, que influenciam nessa representatividade dos trabalhos do tema "história, conservação e patrimônio" é a sede do evento, mais precisamente em que patamar está a principal discussão sobre arquitetura e construção com terra da região que promove a edição do evento TerraBrasil.

Tabela 3. Temas e artigos publicados nos eventos TerraBrasil

TEMAS	TerraBrasil 2006	TerraBrasil 2008	TerraBrasil 2010	TerraBrasil 2012
	Internacional	Internacional	Nacional	Nacional
	I Seminário Arquitetura e Construção com Terra no Brasil / IV Seminário Arquitectura de Terra em Portugal	VII Seminário Ibero-americano de Construção com Terra (VII SIACOT) / II Congresso de Arquitectura e Construção com Terra no Brasil	III Congresso de Arquitectura e Construção com Terra no Brasil	IV Congresso de Arquitectura e Construção com Terra no Brasil
	Ouro Preto/MG	São Luís/MA	Campo Grande/MS	Fortaleza/CE
Materiais e técnicas de construção	11 (21,57%)	27 (38,03%)	12 (24,49%)	12 (27,91%)
História, conservação e patrimônio	20 (39,22%)	18 (25,35%)	8 (16,33%)	6 (13,95%)
Arquitetura contemporânea	7 (13,73%)	8 (11,27%)	14 (28,57%)	8 (18,60%)
Sustentabilidade das construções		5 (7,04%)	7 (14,29%)	6 (13,95%)
Ensino, formação e capacitação	7 (13,73%)	7 (9,86%)	8 (16,33%)	11 (25,58%)
Transferência de tecnologia	6 (11,76%)	6 (8,45%)		
Total de artigos	51 (100,00%)	71 (100,00%)	49 (100,00%)	43 (100,00%)

Com a sistematização da segunda parte do questionário, foram obtidos os resultados apresentados na Tabela 4:.

Tabela 4. Segunda parte do questionário

PERGUNTA	RESPOSTA	JUSTIFICATIVA	SOMA
2.1 A terra é um material viável para produção de construções em escala no Brasil? Por quê?	SIM	é um material disponível em abundância.	13
		há pouca oferta de outros materiais convencionais ou industrializados.	2
		apenas com o BTC.	0
		Outro motivo. Qual?	9
	NÃO	depende das características do solo.	2
		a maioria das técnicas é essencialmente artesanal, o que demanda muito tempo e trabalho.	4
		compromete as questões relativas à sustentabilidade ambiental	2
		Outro motivo. Qual?	0
2.2 Os sistemas construtivos de terra têm competitividade com outros sistemas no Brasil? Em quais aspectos?	SIM	tem um custo reduzido na aquisição dos materiais.	11
		é um material natural local, de baixo conteúdo energético.	9
		é termicamente mais confortável do que outros materiais.	7
		outro motivo. Qual?	6
	NÃO	é uma técnica apropriada apenas para habitação de interesse social e/ou rural	1
		tem um custo elevado na contratação de mão de obra.	2
		ainda tem muitos problemas técnicos sem soluções conhecidas.	4
		os usuários em potencial não acreditam que a terra seja uma opção segura, confortável e digna.	7
		outro motivo. Qual?	3
2.3 Qual é a barreira para que a terra seja considerada nas políticas de governo como mais uma opção de material de construção?	Falta a difusão/conhecimento em nível técnico e científico.	15	
	Faltam normas técnicas.	16	
	Faltam programas habitacionais que incentivem/condicionem o uso da terra como material de construção.	7	
	Elevado custo da mão de obra.	2	
	Falta de capacidade produtiva com agilidade e qualidade.	8	
	Preconceito.	14	
	Falta de propaganda positiva.	11	
Outro motivo. Qual?	7		

PERGUNTA	RESPOSTA	JUSTIFICATIVA	SOMA
2.4 Há conhecimento técnico e científico no Brasil, suficiente para que o uso da terra seja disseminado sem riscos? Por quê?	SIM	há muitas pesquisas nos centros universitários.	3
		é um sistema simples que não precisa de profundo conhecimento.	0
		faz parte da cultura construtiva do país.	2
		outro motivo. Qual?	3
	NÃO	apenas na área de restauro e conservação de patrimônio.	1
		falta nas pesquisas de terra o mesmo nível de seriedade, comprometimento e rigor científico dos materiais convencionais.	7
		há banalização das técnicas de construção com terra como simples e espontânea bioconstrução.	14
		apenas em alguns sistemas construtivos.	5
		outro motivo. Qual?	5
2.5 As pesquisas técnico-científicas apresentadas no TerraBrasil têm paralelo com a produção estrangeira?	SIM		15
	NÃO		3
2.6 As pesquisas técnico-científicas apresentadas no TerraBrasil contribuem para a redução das lacunas citadas na questão 1? Por quê?	SIM	apresentam inovações e atualizações do universo da pesquisa na área.	13
		Outro motivo. Qual?	4
	NÃO	pois são insuficientes para a maioria das técnicas, tais como: _____	1
		pois são insuficientes para TODOS os sistemas construtivos de terra.	0
		pois muitos construtores usam os dados das pesquisas de forma equivocada.	3
		não apresentam inovações.	3
		Outro motivo. Qual?	3

Com base nas respostas apresentadas pelos indivíduos, pode-se fazer algumas afirmações, como:

- A terra é um material viável para produção de construções em escala no Brasil por ser um material disponível em abundância, porém, o fato de a maioria das técnicas ser essencialmente artesanal, o que demanda muito tempo e trabalho, é apresentado como ponto negativo.
- Os sistemas construtivos de terra têm competitividade com outros sistemas no Brasil, pois tem um custo reduzido na aquisição dos materiais e é um material natural local, de baixo conteúdo energético, mesmo que os usuários em potencial não acreditem que a terra seja uma opção segura, confortável e digna.
- As principais barreiras para que a terra seja considerada nas políticas de governo como mais uma opção de material de construção são falta da difusão/conhecimento em nível técnico e científico, faltam normas técnicas e o preconceito.
- Não há conhecimento técnico e científico no Brasil suficiente para que o uso da terra seja disseminado sem riscos, pois há banalização das técnicas de construção com terra como simples e espontânea bioconstrução e falta nas pesquisas de terra o mesmo nível de seriedade, comprometimento e rigor científico dos materiais convencionais, mesmo havendo muitas pesquisas nos centros universitários.
- As pesquisas técnico-científicas apresentadas no TerraBrasil têm paralelo com a produção estrangeira.
- As pesquisas técnico-científicas apresentadas no TerraBrasil contribuem para a redução das lacunas citadas na questão 1, pois apresentam inovações e atualizações do universo da pesquisa na área, mesmo que muitos construtores usem os dados das pesquisas de forma equivocada e alguns não acreditem apresentar inovações.

Diante dessas afirmações, é possível resumir que os pesquisadores acreditam no potencial da terra como material de construção, mas que é necessário maior rigor com a construção e

pesquisa na área. Aponta-se como arquitetura e construção com terra bem sucedida os exemplos internacionais, e, para tanto, existe uma participação expressiva de trabalhos estrangeiros nos eventos do TerraBrasil, como pode ser visto na Tabela 5. É possível notar que em todas as edições o evento recebeu trabalhos de, no mínimo, seis países diferentes, além do Brasil, mesmo em 2010 e 2012, quando não ocorreram em parceria com evento internacional. Essa participação é determinante para atualizar os pesquisadores nacionais e permitir um contato direto entre centros de pesquisa do mundo, principalmente para os novos pesquisadores.

Tabela 5. Procedência dos artigos publicados

Temas	TerraBrasil 2006	TerraBrasil 2008	TerraBrasil 2010	TerraBrasil 2012
Alemanha	2			
Argentina	1	13	3	3
Brasil	27	35	33	30
Chile	1	1		
Colômbia	4	1	6	1
Cuba				1
Equador		1		
Espanha		1		1
Estados Unidos	1			
Honduras		1		
Itália	1		2	1
México	3	11	1	2
Nepal			1 (inglês)	
Peru		1	1	4
Portugal	11	2	2	
Venezuela		3		
Uruguai		1		
Total de artigos	51	71	49	43

5. CONCLUSÕES

Apesar de já ter ocorrido quatro edições, a qualidade técnica e científica desses trabalhos não apresenta evolução significativa com o passar das edições. Parte dos pesquisadores não consultam os trabalhos já publicados e não obedecem a critérios de pesquisas científicas, o que torna os trabalhos repetitivos quanto aos gargalos e soluções encontrados, e com reduzido grau de ineditismo. Muitos são apenas relatos de experiências baseados em estudo de caso único, com variáveis particulares de uma localidade e sem comparações com possíveis situações semelhantes. Faltam trabalhos que tenham uma visão mais ampliada, para que possam se complementar. Faltam trabalhos robustos, que agreguem informações confiáveis para a composição de normas e políticas públicas.

Entretanto, outra parcela dos pesquisadores está diretamente ligada a universidades e centros de pesquisa, onde existe rigor científico e aparato tecnológico que atendem, mesmo que forma parcial, graus de exigência internacionais. Fato, esse, que contribui para que as pesquisas brasileiras reduzam de forma mais acelerada a distância científica com as pesquisas internacionais e, ao mesmo tempo, permitem que cada vez mais pesquisadores brasileiros consigam participar com igualdade das principais instâncias de discussão internacionais.

Diante dos dados apresentados, pode-se indicar que as lacunas de pesquisa sobre arquitetura e construção com terra são:

- em tecnologia e inovação: visão dos elos do processo de produção, menos trabalhos de caracterização de materiais, mais insumos (dados, diretrizes) para políticas públicas, mais avaliação de desempenho, mais desenvolvimento de produto, menos ciência dos materiais;

- em história e patrimônio: mais insumos para políticas públicas, mais elaboração de inventário, mais intervenção, preservação ou restauração de construções, mais questões de gestão, mais interface com arqueologia / questões de preservação de patrimônio imaterial;
- em construção contemporânea: mais insumos para políticas públicas, mais APO, mais questões de projeto, mais questões de sustentabilidade;
- saúde: mais insumos para políticas públicas e mais questões de uso e manutenção;
- em educação: insumos para políticas públicas, processos de educação, estratégias para acesso ao conhecimento, insumos para normas e recomendações, avaliação de impacto social;
- estado da arte: avaliação da produção, desafios, gargalos, oportunidades, lacunas e tendências.

Diante desse quadro, percebe-se que há, além de gargalos e desafios para construção com terra, gargalos e desafios para a produção científica e tecnológica brasileira sobre o uso de terra na construção de edificações. É necessário que haja parcerias entre universidades, universidades-empresas, universidades-construtores. Devem continuar existindo os trabalhos que relatam experiências, mesmo que de caso único, pois esses são responsáveis pela difusão dessa tecnologia construtiva milenar, porém tão moderna para tantos.

Contudo, a produção de dados deve priorizar a formulação de políticas públicas, que, segundo indícios apontados nesse trabalho, é o principal gargalo para a propagação da arquitetura e construção com terra no Brasil. A Rede TerraBrasil, referência na área, poderia assumir o papel de orientação para o desenvolvimento dos trabalhos científicos, norteando os pesquisadores no caminho das principais lacunas e possibilitar a inserção da terra como material viável e competitivo para a construção de edificações também no Brasil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GIL, A.C. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

JAQUIN, P. A. Analysis of historic rammed earth construction. Durham theses. Durham University, 2008. Available at Durham E-Theses Online: <http://etheses.dur.ac.uk/2169/>

MACIAS-CHAPULA, C. A. O papel da informetria e da cienciometria e sua perspectiva nacional e internacional. Ciência da Informação, Brasília, v. 27, n. 2, p. 134-140, maio/ago. 1998.

TERRABRASIL. Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil, 2006, Ouro Preto. Anais... Ouro Preto: UFMG-Rede TerraBrasil, 2006.

TERRABRASIL. Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil, 2008, São Luis. Anais... São Luis: UEMA-Rede TerraBrasil, 2008.

TERRABRASIL. Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil, 2010, Campo Grande. Anais... Campo Grande: UFMS-Rede TerraBrasil, 2010.

TERRABRASIL. Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil, 2012, Fortaleza. Anais... Fortaleza: UFC-Rede TerraBrasil, 2012.

Autores

Rafael Torres Maia, Arquiteto e Urbanista pela Universidade Federal de Alagoas (2005) / Mestre em Arquitetura, Urbanismo e Tecnologia pela Universidade de São Paulo, São Carlos (2011) / Professor Substituto na Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Alagoas / Pesquisador do Grupo de Pesquisa em Habitação e Sustentabilidade – HABIS / Arquiteto e Urbanista da Prefeitura Municipal de Viçosa.

Andrea Naguissa Yuba, Arquiteta e Urbanista pela Universidade de São Paulo (1997), Mestre em Engenharia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2001) e Doutora em Ciências da

Engenharia Ambiental pela Universidade de São Paulo (2005). Docente da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, nos Cursos de Arquitetura e Urbanismo (Coordenação 2011-2013) e Programa de Mestrado em Eficiência Energética e Sustentabilidade.

Juliana Couto Trujillo, Arquiteta e Urbanista pela Universidade Estadual de Londrina (1995), Mestre em Estudos de Linguagens pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (2008), Professora Assistente da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

**SUSTENTABILIDADE E INTERDISCIPLINARIDADE
EM PROCESSOS CONSTRUTIVOS TRADICIONAIS COM TERRA****Maria Estela Rocha Ramos**UNIME-Lauro de Freitas/BA (União Metropolitana de Educação e Cultura) - mariaestelaramos@gmail.com**Palavras-chave:** conhecimentos tradicionais, culturas, formação, interdisciplinaridade, sustentabilidade**Resumo**

O artigo propõe uma discussão acerca das técnicas construtivas tradicionais com terra no âmbito das manifestações de culturas, dos conhecimentos advindos de comunidades, do ensino institucionalizado, da interdisciplinaridade e da sustentabilidade, esta abordada aqui de maneira extensiva aos aspectos social, político, econômico, ecológico/ambiental, tecnológico e arquitetônico. Um dos objetivos deste artigo é contribuir para a discussão no meio acadêmico acerca da interação de conhecimentos ainda deficiente ou ausente dos currículos dos cursos de Arquitetura e Urbanismo, com raro diálogo disciplinar com a Antropologia, a História, a Sociologia ou os Estudos Culturais. Estas técnicas construtivas, sendo muitas delas técnicas milenares cuja sobrevivência se caracteriza pela manutenção e reprodução de práticas culturais e da expressão de valores filosóficos, são manifestações presentes na dinâmica das culturas e das histórias de comunidades específicas que devem ser valorizados. A metodologia utilizada explora modos de saber-fazer como fator de coesão social, modos de manutenção de conhecimentos coletivos, passados de geração em geração, as condições materiais e históricas e os elementos simbólicos imateriais que são parte de modos de vida e que constituem peculiaridades de formas de *habitar*, numa relativa autonomia criativa destas comunidades. Estas dimensões são articuladas no artigo numa relação forma-conteúdo cuja ideia une o processo e o resultado, a função e a forma, o passado e o futuro, o objeto e o sujeito, o natural e o social. Consolidar uma aproximação destes conhecimentos tradicionais imbricados nas formas culturais de ver o mundo pode constituir, não só um fortalecimento para a difusão de conhecimentos acerca da arquitetura e da construção com terra no país, mas, sobretudo, compor um incremento para análises mais críticas na preocupação com aspectos de sustentabilidade na formação de (futuros) arquitetos e urbanistas, condição que se torna cada vez mais premente na produção atual da arquitetura.

1. INTRODUZINDO A DISCUSSÃO

A formação acadêmica do arquiteto urbanista ainda apresenta, no Brasil, um distanciamento teórico e analítico entre a produção das cidades e as condições objetivas e subjetivas de sua materialização diante das especificidades históricas, sociais, culturais, econômicas brasileiras em relação aos diferentes grupos sociais.

Um dos fatores deste distanciamento perpassa pela imposição de uma homogeneização cultural que influencia comportamentos da vida urbana através de modelos urbanísticos e estilos arquitetônicos oriundos de países cujas realidades sociais, econômicas históricas e geográficas apresentam repertórios culturais e estágios industriais distintas da realidade brasileira. No entanto, mesmo diante de realidades tão diferentes, são estes modelos que orientam, em grande parte no Brasil, desde o sentido do direito à cidade, nos modos de viver e habitar a cidade, até os modelos de desenvolvimento, como, por exemplo, os padrões industriais da construção civil.

No âmbito das políticas públicas, as políticas habitacionais primam pelo *habitat* que, como define Lefebvre (1999), é parte ideologia e prática do poder institucional, submisso a funções racionalizadas e simplificadas da vida humana, reduzido às atividades elementares de comer, dormir e reproduzir-se, de maneira adaptada e suficiente às demandas da sociedade industrial.

As políticas públicas habitacionais utilizam critérios de renda e, em geral, as relações sociais e culturais do cidadão, os futuros moradores, são ainda pouco consideradas nas propostas habitacionais institucionais ou institucionalizadas. O morador - o cidadão, o cidadão - é visto como mero usuário, o cliente final de uma cadeia produtiva habitacional como se este fosse destituído de um modo de vida peculiar constituído ao longo do tempo.

No campo das ciências sociais e humanas existe a ideia dos pluralismos culturais e de interculturalidade que ainda se mostra incipiente no campo da arquitetura e urbanismo. O ensino de arquitetura e urbanismo no Brasil é ainda muito pautado pela cultura hegemônica, que tende a padronizar relações espaciais e sociais a partir de concepções de arquitetura e urbanismo gestadas nos países ditos centrais. É, portanto, neste contexto que boa parte da produção habitacional é concebida, como “máquinas de habitar” (Lefebvre, 1999), numa reprodução em série.

Este trabalho evidencia, assim, uma preocupação ao entendimento de que existem formas particulares de produção de cidade e de arquitetura sem que estejam, na sua totalidade, submetidas às lógicas de mercado ou aos meios de produção, mas também orientadas pelas lógicas de percepções culturais de distintos grupos humanos.

No entendimento de cultura relacionada às necessidades objetivas e subjetivas da vida humana, como uma maneira particular de relacionar-se com o real, as culturas particularizadas pela emergência da diversidade, exploradas e valorizadas pelo multiculturalismo pós-moderno (Hall, 2003), demandam estudos que as evidenciem, possibilitando, inclusive, novas formulações de conhecimento à luz destas culturas específicas, dissonantes da cultura (dita) hegemônica.

Ainda referindo-se a Lefebvre (1999), propõe-se aqui, sob contextos de bairros autoconstruídos, uma leitura do ‘habitar’ como prática milenar, como parte da imaginação ou ainda, refletindo com Bruschi (2001, p. 5), uma leitura do habitar que atenta para “as formas do habitar como aquisições profundamente encrustadas em níveis do subconsciente social e do indivíduo”.

Há no contexto da produção habitacional no Brasil, sobretudo nos processos de produção de habitações por meio da autoconstrução, um riquíssimo repertório, ainda mais perceptíveis se lidos de maneira interdisciplinar, que escapam à maior parte dos currículos acadêmicos dos cursos de Arquitetura.

Relativiza-se aqui, portanto, um entendimento de sustentabilidade destacando o viés da sustentabilidade ‘cultural’, na qual transcorre um questionamento sobre a sobrevivência milenar de processos construtivos tradicionais com terra, estando em risco até mesmo a sustentabilidade destes conhecimentos tradicionais. Estas técnicas fazem parte do acúmulo de conhecimentos da humanidade, nas diferentes maneiras de encontrar soluções construtivas e arquitetônicas nas especificidades locais geográficas, socioculturais e históricas.

Neste trabalho é oferecida uma apreensão de processos das técnicas construtivas tradicionais com terra considerando as especificidades locais, históricas e culturais. O cenário exposto neste trabalho é o contexto urbano da cidade de Salvador (Bahia), no período histórico da virada do século 19 para o século 20. No entanto, mesmo particularizada na capital soteropolitana, características de produção de construção em técnicas construtivas tradicionais com terra são recorrentes e semelhantes a demais contextos urbanos brasileiros.

Na transição entre os séculos 19 e 20, com a abolição da escravatura e o advento da República, a cidade de Salvador, em circunstâncias semelhantes às de outras cidades tendo como exemplos Rio de Janeiro, São Paulo, Recife e Porto Alegre, entre outras, é submetida a novas perspectivas ideológicas de modernidade, que buscavam um novo modelo de cidade e de sociabilidade, com novas práticas sociais, oferecendo subsídios à implantação da República. Neste período ocorrem grandes reformas nos principais centros urbanos do

país, caracterizados pela ocupação dos elementos considerados indesejáveis, no caso, populações negras e suas culturas, para a constituição de uma nova imagem da cidade republicana.

No pós-abolição e na transição do Império para a República, a implantação de reformas urbanas e higienistas do início do século 20 em cidades brasileiras compreendia a adequação aos modos de vida europeus, propondo novas estéticas e novos habitantes no cenário urbano, expulsando as populações negras dos cortiços e casas de cômodo das áreas centrais.

Estas populações negras criaram, deste modo, seus próprios espaços de moradia, nos arredores das cidades, em áreas destituídas de infraestrutura urbana. Este trabalho toma, portanto, um elenco de experiências construtivas de comunidades negras que constituíram bairros antigos de Salvador, como o bairro da Liberdade (Ramos, 2007) e o bairro do Engenho Velho da Federação (Ramos, 2013). Ambos são bairros autoconstruídos que têm seu início de formação entre fins do século 19 e início do século 20, em meio a áreas de vasta vegetação nos arredores do núcleo urbano de Salvador. Nestes bairros persistem efusivas manifestações e expressões de culturas afro-brasileiras.

Assim, o artigo aborda um entendimento de sustentabilidade intimamente relacionado aos modos de vida, às práticas sociais e cotidianas de comunidades, estando imbricado às necessidades objetivas e subjetivas da vida humana.

2. REFERÊNCIAS METODOLÓGICAS E CONCEITUAIS

Tomando como ponto central técnicas construtivas tradicionais com terra, relacionado à produção do *habitar*, um dos objetivos deste artigo é incitar e contribuir para a discussão no meio acadêmico acerca da interação destes conhecimentos e práticas socioculturais nesta produção do habitar a fim de promover um diálogo interdisciplinar da Arquitetura e Urbanismo com a Antropologia, a Linguística, a História, a Sociologia, a Geografia, a Engenharia ou os Estudos Culturais, em direção à sustentabilidade, nos seus aspectos mais abrangentes.

Aqui a interdisciplinaridade é explorada como metodologia de pesquisa, “como ‘método interdisciplinar’ capaz de reintegrar o conhecimento para apreender a realidade complexa” (Leff, 2000, p. 19), cujos processos de desenvolvimento e resultados podem ser aplicados na formação de estudantes de arquitetura e urbanismo com o objetivo de desenvolvê-los como sujeitos e profissionais atentos, reflexivos e críticos para a compreensão de que a sustentabilidade do meio ambiente envolve fatores mais amplos que os aspectos técnicos e tecnológicos.

No que tange à área da arquitetura e urbanismo, para além de análises técnicas de inovações de processos e tecnologias construtivas, materiais de construção ou certificações ambientais, por exemplo, também devem ser incorporados aos estudos de sustentabilidade o protagonismo de grupos humanos na preservação do meio ambiente, ao longo da história, submetidos a sentidos, percepções, experiências e vivências culturais e simbólicas na produção de seu próprio habitar, sendo a interdisciplinaridade um meio de apreensão da complexidade da realidade.

A interdisciplinaridade é cada vez mais abrangente nos estudos ambientais. Os estudos e pesquisas em torno da sustentabilidade vêm apresentando múltiplos enfoques inter-relacionados pelas perspectivas social, política, econômica, ecológica/ambiental, tecnológica, arquitetônica, entre outros. Para além da preocupação da conservação de recursos naturais, as concepções acerca da sustentabilidade se tornam, gradativamente, mais ampliadas, a exemplo de Cavalcanti (1997), Leff (2000; 2001), Sachs (2000), entre outros.

A crise ambiental, juntamente com a crise nos paradigmas do pensamento ocidental, propõe uma revisão do modelo civilizatório atual. Leff analisa que a preocupação ambiental é um reflexo da “crise de civilização, de uma crise que se manifesta pelo fracionamento do

conhecimento e pela degradação do ambiente, [...] guiado pela racionalidade tecnológica e pelo livre mercado” (2000, p. 19). Referindo-se ao desenvolvimento social e humano, Ignacy Sachs (2000) aponta algumas dimensões de sustentabilidade com maior inter-relação e interdependência no tocante aos aspectos cultural, social, político, econômico, ecológico, ambiental, demográfico, espacial e institucional.

A produção da cidade não é vista aqui, portanto, somente como reflexo dos modelos de desenvolvimento, de tentativas de padronização de espaços urbanos, do planejamento e regulação urbanística face à adaptação das cidades às exigências de uma economia globalizada. Para tanto, a metodologia adotada neste trabalho, perpassando pela interdisciplinaridade, está embasada numa postura que valoriza a criação e a relativa autonomia dos grupos sociais marginalizados e os conhecimentos produzidos nesta condição, propiciados pelas experiências de vida e transmitidos pelas histórias local e social.

Coletâneas de relatos da memória coletiva pautados em vivências de moradores autoconstrutores constituem a base deste artigo, como construção histórica aos moldes da metodologia da afrodescendência, apontada por Cunha Júnior (2008). Esta metodologia busca uma percepção de mundo a partir das condições culturais e históricas de populações negras no Brasil, reunindo-as pela história e pelos processos de formação de identidade cultural, valorizando e tomando por base a história cotidiana de grupos sociais negros.

Para além da valorização das técnicas construtivas tradicionais com terra, pretende-se explicitar e reconhecer a importância dos relatos de construtores-moradores, imbuídos de consciência e memória coletivas. Estes construtores-moradores se apropriam das técnicas construtivas como um processo artesanal que extrapola as relações de produção, incorporando ao trabalho coletivo o valor simbólico, o valor de uso em lugar do valor de troca. Estas expressões estão no âmbito da cultura, nos modos de ‘relacionar-se com o real’, com a realidade particular.

Perante as condições socioeconômicas precarizadas de populações negras historicamente empobrecidas, os bairros da Liberdade e do Engenho Velho da Federação foram consolidados com relativa ‘autonomia’, à margem das políticas públicas. Estes bairros surgiram por meio de sensível noção de coletividade, constituído (e constituindo) fortalecimento comunitário, estabelecendo também uma construção política, sobretudo no que tange o direito à moradia e o direito à cidade.

Diante da problemática da falta de moradia, destaca-se a produção habitacional com técnicas construtivas tradicionais com terra como opção mais acessível: materiais facilmente encontrados na localidade e domínio relativo da técnica como parte do repertório cultural afro-brasileiro¹. São práticas que consistem em manifestações culturais e que sempre estiveram presentes na vida cotidiana e no imaginário social de populações negras no Brasil.

Técnicas construtivas tradicionais com terra não são manifestações culturais exclusivas de populações negras. No entanto, o artigo evidencia maneiras peculiares de como estes grupos sociais específicos se relacionam com estas técnicas. No ato do fazer as casas com terra, durante a ação do construir, estão imbricadas às construções as visões de mundo, os valores filosóficos e civilizatórios, as tradições, as formas de relacionar-se com a existência, com o corpo, com o espaço, com os objetos, com a natureza, com a coletividade, nos planos físico e metafísico.

Ao longo de séculos, as técnicas construtivas tradicionais com terra sobreviveram até a contemporaneidade por conta de fatores que extrapolam à própria técnica construtiva ao utilizar materiais disponíveis na natureza. Sua sobrevivência está além do que, geralmente, é pautado pelo ensino, formação e capacitação técnica ou tecnológica que incidem na sociedade industrial e de consumo. E é neste ‘muito além’ que estão incluídos temas e conceitos de diferentes disciplinas que ajudam a compreender a sobrevivência destas técnicas.

O objetivo deste artigo é articular a interdisciplinaridade nos processos construtivos tradicionais com terra e explicita, não só a construção concebida e planejada, mas a valorização do construir em si, nas vivências de moradores-construtores nas suas experiências e sensações que são inerentes ao saber-fazer e que estão relacionadas ao mundo natural e sobrenatural, transmitido pelas práticas, de geração em geração.

O saber-fazer constitui uma relação forma-conteúdo. A forma-conteúdo, como articulada por Santos (2006), une processo e resultado, função e forma, passado e futuro, objeto e sujeito, natural e social. Diante das análises da coleta das fontes orais, verificam-se que os processos construtivos estão configurados como forma-conteúdo, vinculados às necessidades e condições reais das pessoas, em íntima relação entre morador-construção.

Como referido anteriormente, as preocupações das técnicas construtivas com terra transitam, neste trabalho, em torno da produção do habitar. A construção do habitar é, particularmente, uma das mais ricas experiências do fazer arquitetura, como prática milenar, como parte da imaginação e do lúdico, com uma multiplicidade de técnicas e saberes que combina a tríade vitruviana da solidez, da função e da estética.

A sustentabilidade das técnicas tradicionais está não apenas pela utilização equilibrada dos recursos naturais, mas sim por nutrirem por milênios, modos de saber-fazer, sustentando-se, sobrevivendo por si mesma. Não é apenas a técnica, como *forma* que sobrevive, mas o *conteúdo*, o jeito de fazer carregado de desdobramentos de elementos culturais e simbólicos, materiais e imateriais.

Estas construções do habitar, como experiências e ações sociais coletivas dos moradores locais, constitui múltiplas singularidades. No processo da construção, junto à objetividade da construção de uma casa, de um abrigo, está vinculada a subjetividade dos indivíduos: valores simbólicos materiais e imateriais, mundos visíveis e invisíveis, elementos estéticos, identidades, sensações e percepções.

E são estas peculiares que denotam um saber-fazer, uma forma-conteúdo, que são exploradas a seguir.

3. O SABER-FAZER, A FORMA-CONTEÚDO...

Como descrito no item anterior, a metodologia explora e valoriza as fontes orais como transmissão de conhecimento que ocorre durante a ação, a prática, mas também na descrição de etapas dos processos construtivos. Estes trechos de falas de moradores ilustram os processos imbuídos do saber-fazer e da forma-conteúdo.

Os bairros da Liberdade e do Engenho Velho da Federação nos quais foram coletados os relatos são bairros autoconstruídos pelos moradores, erguidos pelas mãos de mulheres e homens, e também crianças e idosos, com ampla utilização, originalmente, da taipa, basicamente composta por trama de galhos preenchida com barro.

A paisagem destes bairros era, assim, caracterizada: em meio à vegetação, surgiam as casas de terra cobertas de palha de dendezeiro, planta nativa do continente africano. Dona Beata e Seu Chico, moradores da Liberdade, lembravam-se das casas de palha em que eles próprios moraram: “Era só sopapo e palha!”.

No processo de construção da casa de taipa, referindo-se ao preparo do barro, segue a fala do Seu Chico, morador antigo do bairro da Liberdade e conhecedor do processo da taipa desde criança, quando ajudava seu pai na construção da casa da família:

Ora, para amassar o barro? Tem que amassar bem o barro e ele não pode ficar enfarinhado... Tem que deixar ele ligado! Deixar cozinhar o barro, pisando, n'ê? Para fazer a liga.

Durante a descrição, Seu Chico repete o gesto de amassar o barro com os pés. Durante a fala, que também se expressa pelo corpo, dois aspectos chamam atenção: a expressão ‘cozinhar o barro’ e o movimento de corpo simulando o ‘amassar o barro’.

‘Cozinhar o barro’ é uma expressão metafórica local que significa ‘fazer a liga’ do barro, isto é, unir as partículas de barro para que fiquem com a plasticidade ideal para barrear as paredes; é misturá-lo de tal forma com o movimento dos pés num procedimento empírico, no qual se identifica a dosagem ideal de barro e água para que adquirir boa consistência. Eventualmente outros materiais podem ser acrescentados à mistura, como esterco de gado, também utilizado pelo João-de-Barro para a construção do ninho.

O ‘cozinhar o barro’ é uma prática para suprir uma necessidade real para a construção da casa, mas é também uma prática lúdica, uma brincadeira, um movimento corporal que retoma o contato com a terra e que atrai, sobretudo, as crianças. O movimento do corpo de ‘pisar o barro’ se transforma também em um movimento de dança, muito semelhante ao samba de coco (que é também referência para a terra batida: o chão de terra batida) ou ao samba miudinho, que são danças características no Recôncavo Baiano.

O ‘barrear’ é a vedação das paredes: as porções de barro que cabem na palma da mão são atiradas nos quadriculados da trama em madeira num arremesso, como ‘um tapa, um bofetão’ e por isso o termo taipa de sopapo. O preenchimento se dá em cada um dos lados, que pode ser feito por adulto ou mesmo idoso ou criança pelo lado interno da casa e outro pelo lado externo, cujos lançamentos de barro ocorrem simultaneamente. O ato do arremesso do barro oferece maior ligação entre as camadas interna e externa e para minimizar a retração do barro, utiliza-se também misturar fibras naturais ao barro, como a palha.

Para manter o sincronismo dos arremessos, o ritmo é dado por uma toada, uma música, um canto que mantém o encadeamento e evita desperdícios do barro.

Seu Chico remete-se à vedação das paredes, o ‘barrear’...

Se pagava alguém da vizinhança para cortar as varas. Era vara e arame. Fazia aqueles quadradinhos, amarrava com arame, e depois cobria com barro. E não caía, porque a consistência da massa, do barro, ele ficava preso na parede até secar. Se precisasse mais, a gente pisava o barro, pisava, pisava... A família, os vizinhos, todo mundo participava.

Em relação ao tempo de execução da casa de taipa, considerando a ausência de orientação técnica, os poucos recursos financeiros e a urgência do abrigo, Seu Chico conta:

A casa aqui era de taipa: nós, meu pai e meu irmão fizemos e os vizinhos ajudavam. Uma casa de taipa fazia num dia... Era rápido! Barreava também rápido... Era muito vizinho... Muita gente ajudava...

O destaque nestas falas é o resultado imediato e eficaz do processo da construção, em função da formação de coletividade, da ação e realização coletiva, que é uma característica cultural presente nestes bairros autoconstruídos pesquisados, envolvendo familiares, agregados, vizinhos, amigos, na qual o trabalho era associado ao agrupamento. Outro relato que expressa esta tradição é de Dona Valdina Pinto, nascida, crescida e moradora no Engenho Velho da Federação:

Se íamos construir uma casa, ia pai, mãe e filhos para fazer o *adjutório*, que não era chamado mutirão. Naquele tempo dizia-se: *dar um adjutório*. E a gente fazia a festa. Não se fazia nada pra ficar só, era família, era comunidade. Vizinho era parente. Todo mundo era tio, tia, avó, avô, sem que necessariamente fosse parente de sangue.

A iniciativa da construção das casas era individual, se fazia por família, mas, como apontamos anteriormente, o processo de ocupação e de construção se dava por ação coletiva. As mulheres eram as grandes responsáveis pelo agenciamento de vizinhos para ajudar no processo. Eram elas também que preparavam o feijão (feijoada) para distribuir ao final da barreada.

Semanas depois, após a secagem e retração do barro, o acabamento era feito com mais uma camada de barro com consistência mais fina para cobrir e eliminar as frestas. Com as paredes secas, a finalização se fazia com a pintura das paredes com aplicação de cal.

Dona Joana, nascida e criada no bairro do Engenho Velho da Federação, conta sobre a maneira de agenciar a construção, mantendo a tradição da construção da casa de taipa:

Esta casa aqui foi toda construída na base ajuda. Fazia os adjutórios, porque comprava o material aos poucos. Foi muito adjutório! Fazia batida de limão, com a cachaça Jacaré, que era famosa, fazia o feijão e com toda energia, construía mesmo. Na época da pintura, outra vez! E assim ia... Não era como hoje em dia é que a gente tem que pagar o pedreiro, tem que pagar pintor... Era muito unido.

E além do processo de construção estar vinculado à festa, ao lúdico, envolvido pela musicalidade, pela oferta de comida e bebida, ainda havia, na finalização da construção da casa, uma relação mítica, de agradecimento, como desdobramentos dos valores religiosos. Como conta Dona Valdina Pinto, quando terminava a construção da casa era colocada uma plantinha na cumeeira, como referência e agradecimento ao 'sagrado'.

Esta relação com o sagrado, o metafísico permeado pela relação com a natureza, se repete em outras práticas.

Nas casas em taipa, os pisos eram, geralmente, em terra batida. Os relatos de moradores descrevem que era uma prática social de muitas famílias, na ocasião de festas, aniversários, comemorações e festas de fim de ano, esparramar uma fina camada de 'areia alva', areia branca e muito fina, sobre o piso de terra batida e, em seguida, espalhar folhas de pitangueira pelo chão. A areia alva era vendida em baldes por carroceiros que passavam na porta das casas e as folhas de pitangueira, que poderiam ser substituídas por folhas de outra árvore, eram colhidas nos quintais.

Os entrevistados explicam que a areia fina e alva tinha por função esconder a simplicidade dos pisos e que as folhas aromatizavam a casa, afastando as energias ruins e também o mau-olhado, isto é, os maus agouros de algum visitante. Estas práticas da cultura afro-brasileira são originadas nos terreiros de religião de matriz africana, nos quais as folhas de pitangueira mantêm o axé, a energia vital. Aos poucos, à medida que havia um recurso financeiro, os pisos das casas das famílias recebia um cimentado grosso, mas a prática de espalhar as folhas pelo chão se mantém, sobretudo na virada de ano, para atrair boas vibrações.

Outra prática do sagrado também ocorria na manutenção da casa. Na lembrança de Seu Edílzio, sua mãe, Dona Das Neves, que também era mãe-de-santo, dizia, de tempos em tempos, que era para limpar a casa: "limpar a casa era pintar com cal". De fato, nesta expressão, Seu Edílzio mostra que sua mãe sabia que esta pintura afastava os insetos, além de, realmente, conferir um novo aspecto de asseio à casa: a pintura à cal possui ampla ação fungicida, inseticida e acaricida.

Sempre foi recorrente à frente das casas o plantio da arruda, que possui efeito inseticida cujo cheiro que exala afasta as moscas, além de absorver energias negativas. Outras ervas e plantas também cumprem este papel de equilíbrio energético, como espada-de-Ogum, comigo-ninguém-pode, guiné, maria-preta, vence-tudo, e também ervas para a realização de banhos e pelo efeito medicinal, como tapete-de-Oxalá, alfazema, manjeriço, folha-da-costa, entre outras.

Observa-se também que o processo coletivo de autoconstrução contribuiu, em parte, para um processo de aprendizagem modesta, mas importante, para a formação de pedreiros, eletricitas, pintores e de outros profissionais. Esta formação se desdobra em uma combinação de relações de produção que não são pautadas apenas pela mercantilização do trabalho. E ainda há o fator economia, cujo vínculo à localidade propicia mercados particulares e voltados às economias de pequena escala, no qual há uma circulação de

dinheiro na própria vizinhança, podendo gerar um fenômeno econômico paralelo ao do grande capital corporativo, que segundo Singer (1999), são possibilidades de uma economia sustentável.

No que tange à durabilidade da construção de taipa, pelo motivo já salientado em relação à ausência de orientação técnica qualificada, Seu Edílzio, morador antigo do bairro do Engenho Velho da Federação, é quem ilustra:

A casa ia ficando velha, velha, mas a gente ia escorando aqui, ali, porque casa de taipa não cai de vez, como a casa de bloco... Casa de taipa quando já 'tava ficando velha ou já 'tava para cair, a gente continuava dentro de casa e a gente fazia outra em volta. Depois que 'tava toda pronta, aí derrubava...

A durabilidade da casa de taipa, como qualquer outra técnica construtiva, além da adequada execução, depende do nível de manutenção. No caso acima, é esclarecido que a casa de taipa por não ter tido bom travamento de suas madeiras, pode apresentar instabilidade. No entanto, o desmoronamento é previsível. Desta forma, a casa de taipa, mesmo mal executada, oferece menos riscos de desabamento imediato, propiciando medidas de segurança para um desabamento induzido, mais seguro.

Outro fator importante é apropriação e observação da natureza que orientava, inclusive, a localização do fogão a lenha. Dona Lindaura, uma das moradoras mais antigas do Engenho Velho da Federação, relata sua lembrança de menina, quando sua mãe pedia que procurasse uma casa de joão-de-barro: “Vai lá no mato e procura uma casinha de joão-de-barro. Olha bem para o sol e vê onde está a portinha. Vem correndo aqui me dizer...”

A posição do fogão a lenha era definida antes de ser construído, em função da direção do vento. A orientação da entrada do ninho do pássaro joão-de-barro é o norte, ficando a entrada protegida dos ventos mais frios do sul e também mais aquecida, recebendo mais luz do sol, o que para uma casa pode orientar também a posição das aberturas e quartos.

Paulatinamente, houve a passagem do processo construtivo da taipa, em parte relacionada ao preconceito que se instalava sobre a técnica, propiciando a transição para outras técnicas construtivas e materiais. No Brasil, a construção em taipa de pau a pique sofreu uma campanha equivocada das campanhas sanitaristas, sendo desaprovada devido à possibilidade de aninhar o barbeiro, transmissor da Doença de Chagas. A técnica foi estigmatizada como habitação rústica e insalubre, relacionada à pobreza. Houve um grande equívoco nesta avaliação ao confundir a qualidade da técnica construtiva à maneira como é construída, sem orientação técnica. Há também, no mesmo período, o fator de fomento à industrialização, que incluía o ferro e o cimento, sendo necessário, portanto, promover o abandono das técnicas construtivas com terra.

No final da década de 1940 e nos anos 1950, 1960, a paisagem dos bairros da Liberdade e do Engenho Velho da Federação ia se transformando. À medida que as condições financeiras das famílias melhoravam, as casas de taipa e as coberturas de palha foram, aos poucos, substituídas pelas casas de adobe, bloco de barro moldado e seco ao sol, cobertas com telhas cerâmicas. Como contou Dona Luíza, moradora da Rua do Curuzu na Liberdade, cuja casa já fora coberta com palha, zinco e, por fim, telha: “Quem tinha casa de telha, tinha um palacete!”

O processo de transição, no entanto, combinava diversos materiais disponíveis. Seu Chico conta que pelas experiências em construção com o pai, o processo de reforma da casa de taipa que ia se transformando em casa de adobe se dava com uma parte de material de demolição, aproveitando tijolos cozidos. Assim, sobre os alicerces de pedra, as novas paredes eram erguidas com entremeio de três fiadas de adobe, produzidos pelos familiares, e uma fiada de tijolos cozidos (tijolinho maciço), oriundos de demolição ou comprados em olarias. Seu Chico afirma que a alternância de materiais “era para dar mais sustentação”.

Outro relato sobre a produção de adobe é de Dona Paula, moradora do bairro do Engenho Velho da Federação: “Enquanto meu marido trabalhava, eu chamava os meninos daqui e uns vizinhos. Eu que estava grávida, ajudava devagarinho...”.

Estes relatos detalham, de certa forma, uma ‘realização coletiva’ na consolidação dos bairros pesquisados, concretizada nas relações afetivas dos momentos cotidianos, das dificuldades, das conquistas e das celebrações. Verificam-se correlações entre a necessidade de construção do abrigo humano, o modo de fazer e o saber-fazer como parte de manifestação cultural que denotam uma postura diferenciada de produção, distinta do trabalho alienado, aquele pago por horas de trabalho ou aquele que distingue o trabalho corporal do trabalho intelectual.

Como afirma Ramos (2013), no contexto afro-brasileiro, ou nestes exemplos num contexto afro-baiano, o ‘trabalho’ de produção da casa não pode se restringir às análises das relações capitalistas. A relação com o trabalho passa por outras significações que não somente a remuneração pelo dinheiro: passa pelos processos de sociabilização, como uma forma de cultura.

Estes processos das técnicas construtivas tradicionais com terra deixaram o legado do saber-fazer de certa forma lúdica, reorientado para as construções erguidas com em blocos cerâmicos e cobertas com lajes de concreto: O ‘bater a laje’ é uma ressignificação do ‘barrear as paredes’, que é celebrada com a feijoada.

Neste raciocínio, por fazer parte de uma cultura, os processos das técnicas construtivas tradicionais com terra são refletidos como uma das formas de relacionamento com o real, e, assim, naturalmente sustentável, porque é inerente às relações entre o indivíduo e o coletivo, relações entre pessoas e objetos, relações e interações de pessoas, objetos e natureza.

4. PARA CONCLUIR

Este artigo adota uma abordagem de sustentabilidade e de interdisciplinaridade relativa aos aspectos cultural, social, político, econômico, ecológico/ambiental, tecnológico e arquitetônico de processos construtivos tradicionais com terra, vinculados a uma realidade vivida, às práticas sociais e cotidianas de comunidades, articulados no âmbito das manifestações de culturas e dos conhecimentos produzidos por comunidades específicas.

As técnicas construtivas tradicionais com terra são aqui articuladas como parte de processo de produção de cidade pelo viés das falas dos próprios moradores-construtores de seus bairros, cujos processos autoconstrutivos constituem a realidade de cidades de grande parte da população brasileira, sendo ainda uma perspectiva pouco explorada nos cursos de arquitetura e urbanismo.

Estes antigos bairros autoconstruídos, registrados pela história oral e social por seus moradores, constituem a resolução dos problemas de moradia cujos processos construtivos estão ligados a particulares visões de mundo, a princípios de coletividade, a vivências concretas permeadas de objetividades e de subjetividades, produzindo e reproduzindo conhecimentos nestes espaços urbanos.

O artigo recomenda uma abordagem diferenciada da sustentabilidade, ao explorar as técnicas construtivas tradicionais com terra atrelada ao significado do saber-fazer, da forma-conteúdo. E esta é uma forma de abordagem de sustentabilidade cuja perspectiva interdisciplinar busca a apreensão da complexidade da realidade para uma incorporação mais abrangente destas técnicas ao ensino institucionalizado dos cursos de arquitetura e urbanismo e também dos cursos de engenharia. A leitura destas técnicas construtivas tradicionais com terra torna-se tanto mais dilatada quanto maior forem as áreas de conhecimento envolvidas. Na mesma linha, nas universidades, enquanto produtoras e distribuidoras de conhecimento, a interdisciplinaridade é uma possibilidade para a reconstrução do conhecimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRUSCHI, Sandro. Campo e cidades da África antiga. Faculdade de Arquitectura e Planeamento Físico. Universidade Eduardo Mondlane. Maputo: Centro de Estudos e Desenvolvimento do Habitat, 2001.

CAVALCANTI, Clóvis (org.). Meio ambiente, desenvolvimento sustentável e políticas públicas. São Paulo: Cortez Editora, 1997.

CUNHA JUNIOR, Henrique. Metodologia afrodescendente de pesquisa. Revista Ethnos Brasil, Ano 6, Nº 1. São Paulo: UNESP/NUPE, 2008. p. 69-80.

HALL, Stuart. A questão multicultural. *In*: Da Diáspora: Identidades e mediações culturais. Organização: Liv Sovik. Tradução: Adelaine La Guardia Resende *et al.* Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2003.

LEFEBVRE, Henri. A revolução urbana. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 1999.

LEFF, Enrique. Complexidade, interdisciplinaridade e saber ambiental. *In*: A. PHILIPPI JR. *et al.* Interdisciplinaridade em Ciências Ambientais. São Paulo: Signus Editora, 2000.

_____. Saber ambiental: Sustentabilidade, racionalidade, complexidade, poder. Petrópolis, RJ: Vozes/PNUMA, 2001.

RAMOS, Maria Estela Rocha. Território afrodescendente: Leitura de cidade através do bairro da Liberdade, Salvador (Bahia). Dissertação de Mestrado. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo/UFBA. Salvador: PP-GAU/UFBA, 2007.

_____. Bairros negros: uma lacuna nos estudos urbanísticos. Um estudo empírico-conceitual no bairro do Engenho Velho da Federação, Salvador (Bahia). Tese de Doutorado. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo/UFBA. Salvador: PP-GAU/UFBA, 2013.

SACHS, Ignacy. Caminhos para o desenvolvimento sustentável. Rio de Janeiro: Ed. Garamond, 2000.

SANTOS, Milton. A natureza do espaço: Técnica e tempo, razão e emoção. 4ª ed. 2ª reimpr. São Paulo: Edusp, 2006.

SINGER, Paul. Possibilidades da economia solidária no Brasil. *In*: CUT Brasil. Sindicalismo e economia solidária: reflexões sobre o projeto da CUT. São Paulo: CUT, 1999.

NOTA

¹ Esta técnica de taipa é amplamente difundida em comunidades afro-brasileiras, sejam elas rurais como os quilombos ou em antigas áreas urbanas. Além do registro de fontes orais, consistindo num fértil segmento de composição histórica no âmbito da Nova História, outra afirmação desta herança africana é encontrada nos registros de Lúcio Costa: “barreamento a sopapo - taipa de sebe ou de mão - técnica de procedência africana” (COSTA, p. 7, s/d). Disponível em:

<http://www.jobim.org/lucio/bitstream/handle/2010.3/2098/IV%20B%2003-01690%20L.pdf?sequence=3>

Acesso em: 8 junho de 2014

Autora

Graduada em Arquitetura e Urbanismo pela UFES, Mestre e Doutora em Arquitetura e Urbanismo pela UFBA. Possui experiência profissional na área de Projetos de Arquitetura, Projetos Comunitários, Tecnologias Sociais e Assistência Técnica em Autoconstrução. Pesquisadora na temática de espacialidades e patrimônios culturais de comunidades negras urbanas e rurais. Atua como Arquiteta e Professora em curso de Arquitetura e Urbanismo - UNIME/Lauro de Freitas-BA.

VIVÊNCIAS E APRENDIZADOS DE ARQUITETURA DE TERRA EM UM CANTEIRO EXPERIMENTAL

Ingrid Braga¹; Margareth Figueiredo²;

¹Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual do Maranhão, UEMA, ingridgb@terra.com.br

²Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Aveiro, Portugal, Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Tecnológico do Maranhão, FAPEMA, margothgf@hotmail.com

Palavras-chave: patrimônio vernáculo, centro histórico, arquitetura de terra, arquitetura sustentável

Resumo

O acervo arquitetônico, histórico e urbanístico do centro histórico de São Luís do Maranhão, remanescente dos séculos XVIII e XIX, época de prosperidade econômica do Estado (estado com maiúscula é federação. Aqui é com minúscula), por sua relevância, foi inscrito em Dezembro de 1997, na lista de bens do Patrimônio Mundial da UNESCO. Suas edificações possuem paredes mestras em pedra, argamassada com areia e cal, paredes divisórias em alvenaria de terra, do tipo taipa de mão, tabique e cruz de Santo André. Embora muitas das edificações do centro histórico tenham sido recuperadas ao longo dos anos, verifica-se que na maioria delas não foram aplicadas técnicas de restauração adequadas para recomposição das alvenarias construídas com terra. Nas faculdades de arquitetura, exceto honrosas exceções, ainda há o desconhecimento da linguagem do sistema construtivo de terra para a gestão de conservação e restauração e, efetivamente não há uma transversalidade de disciplinas que otimizem as técnicas construtivas tradicionais e que as insiram em projetos integrados de arquitetura de terra e habitações sustentáveis. O presente artigo tem por objetivo apresentar as vivências e aprendizados sobre alvenarias de arquitetura de terra em um canteiro experimental, por meio da disciplina de Técnicas Construtivas Tradicionais, no Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual do Maranhão – UEMA. Pretende-se com essa prática metodológica, a consequente aplicação na gestão do patrimônio tradicional do centro histórico de São Luís, assim como a promoção de estudos de arquitetura de terra para projetos integrados de habitações sustentáveis.

1. INTRODUÇÃO

Nas faculdades de arquitetura, exceto honrosas exceções, ainda há o desconhecimento da linguagem do sistema construtivo de terra para a gestão de conservação e restauração e, efetivamente não há uma transversalidade de disciplinas que otimizem as técnicas construtivas tradicionais e que as insiram em projetos integrados de construções sustentáveis. Os procedimentos construtivos tradicionais de sabedoria secular, nobres e intuitivos são, sobretudo, tratados em muitas faculdades de arquitetura, em forma de slides expositivos, breves retrospectivas e seus esforços acadêmicos estão centrados nas técnicas contemporâneas, da rapidez do concreto, da valorização do aço e do vidro. É por este desconhecimento que Braga (2003) recomenda que se conheçam as técnicas construtivas das edificações históricas por ser fundamental para a escolha dos procedimentos adequados a serem utilizados na conservação e restauração dessas edificações, que se compreenda o processo de degradação, que se tenha a precisão do diagnóstico, e a consolidação das fábricas construtivas pois, o procedimento histórico é muito mais adequado do que a moderna tecnologia.

Também, não faz parte dos conteúdos programáticos acadêmicos, estudos sobre a arquitetura de terra como alternativa sustentável ao sistema de edificação atual, perfeitamente moldável ao cenário da arquitetura contemporânea. Olhos acostumados a uma arquitetura industrial e engessada em padrões reagem diante das propostas das formas, ângulos, espaço e matéria das edificações construídas com a terra. De forma infeliz e preconceituosa, as técnicas construtivas de terra estão sendo abandonadas e associadas

à população de baixa renda e acesso mínimo a produtos de construção industrializados. O projeto arquitetônico moderno marginalizou a terra, como sinal de atraso e método arcaico. Os espaços acadêmicos precisam romper com este preconceito e resgatar o modo tradicional de construção porque se continua a construir com terra. Uma tomada de consciência relativamente à construção sustentável parece se solidificar e é notório o crescente número de pesquisas e práticas que sinalizam um caminho futuro para a arquitetura de terra. A plasticidade das técnicas de construção com terra precisam ser incorporadas nos projetos arquitetônicos das universidades. Com uma informação apurada sobre a utilização da terra como material construtivo, as culturas envolvidas, o resgate dos métodos vernaculares e sua aplicação na atualidade é possível responder sobre estratégias de projetos de compatibilização de elementos da construção e condicionantes ambientais. A gratuidade da terra, sua disponibilidade, sua simplicidade e natural distribuição precisam ser redescobertos, redescobrir o modo de construir natural com condutas ambientais sadias, conceitos e métodos de sustentabilidade. Para Keeler e Burke (2010) um desenvolvimento sustentável integra ecologia, economia e equidade, e baseados nesses três pilares da sustentabilidade é possível adotar políticas que contemplem a construção de comunidades com economias sustentáveis, com equidade entre grupos que compõem uma sociedade e com redução das disparidades em termos de riscos. Projetos arquitetônicos que utilizam a terra como material construtivo contribuem para a redução dos impactos ambientais, promovem a integração comunitária, envolvem a instituição e a sociedade, através de professores, alunos e atores locais no planejamento de comunidades mais sustentáveis. Para Sattler (2007) uma sociedade sustentável persiste ao longo das gerações porque consegue enxergar suficientemente longe de forma flexível, sábia e não põem em risco os seus sistemas de suporte físicos e sociais. Ser socialmente sustentável configura em contribuições da população, do capital e da tecnologia de forma a proporcionar condições materiais de vida adequadas e seguras para todos.

A abertura de linhas de pesquisa sobre a aplicabilidade da arquitetura de terra e experimentações em canteiros experimentais nas universidades precisam se solidificar e ser respeitadas. Estas práticas podem incrementar o conhecimento sobre as técnicas construtivas tradicionais assim como ser resposta alternativa a uma nova consciência arquitetônica. Minto (2009) ratifica que detalhes, particularidades, podem ser vivenciados através da prática em um canteiro experimental, pois, caracteriza o ambiente ideal para a criação, para a invenção, um espaço com condições de complexidade variadas que provoca e que instiga. Para Pisani et al (2007) a arquitetura deveria passar pela experimentação construtiva e pela responsabilidade do profissional que a criou, e esse fato tornou o projeto um fruto menos multidisciplinar do que realmente necessita ser para atender aos anseios da sociedade. Para os autores, a ideia de um canteiro experimental não é o ineditismo do mesmo, mas sim é uma tentativa de desenvolver qualitativamente a formação, informação e o processo de aquisição nos alunos. Ronconi (2005) diz que um canteiro experimental, as atividades exercidas naquele espaço estimulam a compreensão das múltiplas relações ligadas aos aspectos do conhecimento humano.

2. CENTRO HISTÓRICO DE SÃO LUÍS DO MARTANHÃO. UM PATRIMÔNIO EDIFICADO DE TERRA

Neste sentido, em um centro histórico como o de São Luís do Maranhão, remanescente dos séculos XVIII e XIX, época de prosperidade econômica do Estado, inscrito na lista de bens do Patrimônio Mundial da UNESCO, as edificações da arquitetura tradicional portuguesa com influência do período pombalino, sua arquitetura de terra se mantém em seu centro histórico há mais de 300 anos. Neste acervo que sobreviveu a estagnação socioeconômica do primeira metade do século XX estão os solares, sobrados com mirantes, moradas e meia, inteiras, meia moradas e as portas e janelas, edificações de arquitetura civil que se destacam na paisagem urbana de ruas e ladeiras de traçado ortogonal do engenheiro militar Francisco de Frias de Mesquita. As técnicas construtivas trazidas pelos construtores portugueses e seus mestres de obras para o Centro Histórico de São Luís do Maranhão se

enraizaram tão culturalmente, tão cotidianamente, de forma simples, racional, fortemente criativa com suas edificações em paredes mestras em pedra, argamassada com areia e cal, paredes divisórias em alvenaria de terra, do tipo taipa de mão, tabique e cruz de Santo André. Embora muitas das edificações do centro histórico tenham sido recuperadas ao longo dos anos, verifica-se que na maioria delas não foram aplicadas técnicas de restauração adequadas para recomposição das alvenarias construídas com terra.

3.VIVÊNCIAS DE UM CANTEIRO EXPERIMENTAL NO CURSO DE ARQUITETURA DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO

Neste sentido, em um centro histórico de pedras argamassadas com areia e cal, de taipa de mão e cruz de Santo André, o saber e o fazer da construção tradicional precisou ser conhecido e aprendido através das vivências de um canteiro experimental no Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual do Maranhão. Como diz Freire (1996), quem ensina aprende ao ensinar e quem aprende ensina ao aprender. Desde 2012, os alunos do curso passaram a ser sujeitos da produção do saber. Aprendendo na disciplina de técnicas construtivas tradicionais, a arquitetura de terra, e quais devem ser os métodos e procedimentos a serem adotados em projetos de conservação e restauração de edificações com estas características e presentes no centro histórico. Aprendendo que a arquitetura de terra pode ser uma alternativa construtiva de mínimo impacto ambiental e ser sustentável e neste sentido essa produção do saber perpassa pela interdisciplinaridade, entre o vernáculo e o contemporâneo, entre a terra e a tecnologia.

Ainda há muito por fazer, no canteiro experimental de técnicas construtivas tradicionais do Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual do Maranhão, e como fundamenta Ronconi (2005) entre o que se erra e se acerta para sua implantação, pelo entendimento da metodologia na própria instituição. E é correto quando o autor coloca a problemática de vinculação ao projeto didático pedagógico. Assim como estabelecer junto a instituição uma área de implantação do canteiro, os custos e a sua própria manutenção. Os canteiros experimentais ainda são escassos e trabalhados isoladamente em relação ao curso. Minto (2009) diz que o que se deve buscar de fato, nos trabalhos de canteiro, nas escolas de arquitetura é a sensibilização do aluno para que ele perceba todas as relações inerentes ao fazer da construção e tenha o discernimento sobre as coisas. Que o aluno experimente 'um pouco de tudo' entendendo as dificuldades intrínsecas a este fazer. Este entendimento desmitificaria as obras de construção e traria ao aluno toda a realidade destes ambientes.

O canteiro que está sendo desenvolvido no Curso de Arquitetura e Urbanismo ainda é embrionário, mas seu fortalecimento já é visível ao longo destes dois anos. O espaço de produção do saber ultrapassou a sala de aula, ele está no canteiro, experimentando as técnicas construtivas tradicionais de um centro histórico, patrimônio da humanidade. Vivenciando as técnicas, indo além de slides expositivos e breves retrospectivas. O que se vem constatando ao longo da estruturação do canteiro no curso é o comprometimento dos alunos com a arquitetura de terra, a defesa das técnicas tradicionais. Eles estão reconhecendo a importância das edificações históricas que os rodeiam e que qualquer intervenção de caráter restaurador necessita conhecimento e habilidade. Eles estão despertando uma sensibilidade para modelos ecológicos construtivos, estão sendo mais intuitivos e estão provocando possibilidades de projetos em terra para as questões da habitação social, de comunidades coesas e proativas pela sustentabilidade. O que está ocorrendo neste espaço de experimentação é a busca por práticas equilibradas com o meio ambiente e o entendimento da bioconstrução, nunca antes estudada no próprio curso e estigmatizada. O canteiro é inconcluso porque é um espaço de formação construtiva contínua, de vivências e ponte para temáticas transversais. Como coloca Minto (2009) é um suporte para interfaces, para objeto de pesquisa e laboratório para ensaio de estudos. Ele é um instrumento de preparação, de sensibilização e de emancipações em conjunto com a escola e não separado. Portanto, a universidade é um lugar de possibilidades para saberes e fazeres, para os alunos é um espaço transformador, um ambiente acadêmico que além de

englobar os aspectos educativos, científicos é um campo democrático de formação crítica, de inovação, que promove o pluralismo de ideias, de trocas, de articulação e, é o espaço de experimentação, de apreensão de construção. Como uma experiência de apreensão para Freire (1996), somos seres na história e na sociedade que apreendemos e apreender é uma aventura criadora, algo muito mais importante do que repetir algo que nos é dado. Construimos, reconstruimos, constatamos para mudar arriscando-nos e aventurando-nos em espírito. Essa apreensão é a da arquitetura de terra, da apreensão das técnicas construtivas tradicionais, da apreensão do vernáculo, da teoria e da prática de construir com terra. Desde 2012, os alunos do curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual do Maranhão na disciplina de Técnicas Construtivas Tradicionais estão em um permanente processo de educação, de ensinar e aprender (figuras 1, 2 e 3). São as vivências e aprendizados de arquitetura de terra e aqui estão expressos alguns relatos de alunos que já passaram pela experiência de construir com terra.



Figura 1- Canteiro experimental da disciplina de Técnicas Construtivas Tradicionais – Taipa de mão, ano 2012

Temos uma cultura de olhar a construção em terra como coisa de pobre, seja a construção de taipa, a taipa de pilão e a taipa de mão. Mas, quando a gente consegue observar como a terra é importante, é onde a gente pisa, é onde a gente vive, é a responsável pelo clima onde andamos junto com a natureza, percebemos que essa construção é uma conexão presente e passado que a arquitetura moderna precisa, por que esta vai perde essa característica. Hoje em dia se copia meramente grande parte dos projetos. Seja de interiores, seja de arquitetura e a construção em terra ela sempre, não importa onde ela seja aplicada, ela vai ter uma identidade local, uma identidade daquele povo. Algo que a Contemporaneidade precisa. As técnicas construtivas trazem o homem de volta para o contato da casa como um todo, não só da vivência, mas da própria construção. Ela auxilia como se fosse uma apropriação daquele meio. Isso gera muitas outras correntes. Gera uma consciência ecológica, gera uma consciência preservacionista não só do patrimônio, mas da própria natureza. E eu acho que é importante este regaste amplo. Não resgata apenas técnicas, mas resgata a pessoa para a casa. A minha turma foi a pioneira do ensino dessa técnica na faculdade junto com a professora Ingrid. Então falando pelo lado pessoal, ela foi importante como um todo: para a união da nossa turma e na abrangência de pensamentos. Porque não só para mim, mas para a turma, o exercício nos fez enxergar uma nova maneira de trabalhar. Até aquele ponto a gente só enxergava um único caminho na questão da construção e agora a gente tem todo um novo âmbito para ser trabalhado que mesmo que não consiga ser aplicado na sua totalidade, ele já influencia o mínimo. Por mais que a gente tenha estudo de técnica de conforto acústico e ambiental, nada é tão puro, tão simples e capaz de auxiliar a gente construtivamente quantos as técnicas bioconstrutivas. (Depoimento fornecido pela aluna Willnara Braga Diniz Guimarães do 11º período/CAU-UEMA).

Antes desse tipo de exercício em sala de aula, olhava esse tipo de construção como uma simples técnica rudimentar que os moradores utilizavam como única alternativa por falta de condições locais ou sociais. Ao longo da disciplina, fui observando que a técnica possuía muitos benefícios, como o conforto térmico, ser um material reutilizável, além de caracterizar a identidade local. Com isso, verifiquei que é possível incorporar esse tipo de técnica em uma edificação levando em conta que seus benefícios são plausíveis. (Depoimento fornecido pela aluna Maria Luísa Carvalho do 9º período/CAU-UEMA).

As técnicas são eficazes, simples e fáceis de serem ensinadas e implantadas. Incluindo assim facilmente a população ao processo teórico e prático, promovendo uma maior integração social. Além de usar materiais fáceis e em abundância na natureza, tornando a obra barata e prática. Gerando assim um desenvolvimento sustentável uma vez que não causa impacto ambiental negativo. As práticas são essenciais para o aperfeiçoamento e desenvolvimento de novas técnicas, beneficiando cada vez mais a população. Há criação de uma consciência social muito maior na questão da sustentabilidade e no desenvolvimento sustentável. Passei a ver esse tipo de arquitetura com outros olhos, dar mais importância, não só para a bioconstrução como a própria natureza e os materiais que ela nos proporciona. Fazer os adobes e a parede de taipa sob a orientação da professora Ingrid Braga, acompanhar e fazer parte de todo o processo, foi essencial para entender, conhecer e quebrar mitos de técnicas construtivas naturais. Temos uma cultura de olhar a construção em terra como coisa de pobre, seja a construção de taipa, a taipa de pilão e a taipa de mão. Mas, quando a gente consegue observar como a terra é importante, é onde a gente pisa, é onde a gente vive, é a responsável pelo clima onde andamos junto com a natureza, percebemos que essa construção é uma conexão presente e passado que a arquitetura moderna precisa, por que esta vai perder essa característica. Hoje em dia se copia meramente grande parte dos projetos. Seja de interiores, seja de arquitetura e a construção em terra ela sempre, não importa onde ela seja aplicada, ela vai ter uma identidade local, uma identidade daquele povo. Algo que a Contemporaneidade precisa. As técnicas construtivas trazem o homem de volta para o contato da casa como um todo, não só da vivência, mas da própria construção. Ela auxilia como se fosse uma apropriação daquele meio. Isso gera muitas outras correções. Gera uma consciência ecológica, gera uma consciência preservacionista não só do patrimônio, mas da própria natureza. E eu acho que é importante este regaste amplo. Não resgata apenas técnicas, mas resgata a pessoa para a casa. A minha turma foi a pioneira do ensino dessa técnica na faculdade junto com a professora Ingrid. Então falando pelo lado pessoal, ela foi importante como um todo: para a união da nossa turma e na abrangência de pensamentos. Porque não só para mim, mas para a turma, o exercício nos fez enxergar uma nova maneira de trabalhar. Até aquele ponto a gente só enxergava um único caminho na questão da construção e agora a gente tem todo um novo âmbito para ser trabalhado que mesmo que não consiga ser aplicado na sua totalidade, ele já influencia o mínimo. Por mais que a gente tenha estudo de técnica de conforto acústico e ambiental, nada é tão puro, tão simples e capaz de auxiliar a gente construtivamente quanto as técnicas bioconstrutivas. (Depoimento fornecido pela aluna Silvine Leitão Cantanhede do 9º período/CAU-UEMA).

Um aluno de arquitetura hoje busca sempre saber das novas técnicas construtivas e dos mais novos materiais no ramo da construção. Porém em épocas em que a mentalidade da sociedade abre os olhos para os conceitos da sustentabilidade surge uma necessidade de explorar maneiras de construir de forma mais sustentável. Trabalhar com o barro atualmente não é uma tarefa fácil: exige uma preparação de materiais, um tempo de preparo e secagem. Porém, de uma forma gratificante, foi uma experiência importante para aqueles que viram nisso uma alternativa para construir com um material que pode ser reutilizado várias vezes e uma alternativa de proporcionar uma arquitetura tradicional e eficiente. Às vezes olhamos o barro de forma preconceituosa e o associamos a pobreza. Quando aprendi a trabalhar com o barro reconheci nele oportunidades de torná-lo um elemento interessante na arquitetura e até mesmo deixar o preconceito de lado e reconhecer nas casas de taipa uma técnica construtiva antiga, mas funcional, pois o barro é termicamente confortável assim como assume a tarefa de ser uma proteção. Apesar das dificuldades, como o trabalho pesado, a necessidade de mais cooperação, as estruturas deficientes, o trabalho em grupo no fim rendeu muitas risadas e satisfação aos primeiros resultados do trabalho feito. Fora de sala de aula, com

o conhecimento da técnica e aprendizagem do trabalho, foi possível se tornar mais crítico em relação a esse tema. Um exemplo disso foi com relação ao Programa do Governo de erradicar as moradias de taipa porque estas se associa logo a pobreza. Logo, é possível dizer que isso não é uma verdade absoluta e poder reconhecer que com a ajuda necessária e o conhecimento da técnica, várias pessoas de classe social mais baixa poderiam ter casas de taipa com boa qualidade e isso não seria uma situação de miséria e sim uma construção mais sustentável. O trabalho com o barro é uma maneira de preservar as técnicas tradicionais e fazer com que os alunos de arquitetura não tenham uma visão tão fechada e abrir os olhos para a bioconstrução, hoje é um tema recorrente porque agora a sociedade busca uma nova mentalidade diante dos problemas gerados por uma modernização exacerbada. Hoje precisamos cada vez mais de conforto térmico em nossas residências, nos preocupamos com os recursos não renováveis e surge uma real necessidade de dar uma solução efetiva para nossos resíduos. Ai entra a arquitetura de terra onde exploramos maneiras mais sustentáveis de construir. A prática dessa bioconstrução mantém ativo a capacidade do homem de criar sem a terceirização. Torna também o homem mais íntimo daquilo que constrói e aumenta seu sentido de pertencimento. Como aluna percebi como os meus conhecimentos antes adquiridos eram limitados. Com a lição da técnica aprendida quis incorporar isso aos meus projetos e, até mesmo as minhas ações. Percebi também que esse tipo de construção não é restrito a pessoas que não tem condições financeiras de construir uma casa com tijolos cerâmicos ou semelhantes, mas, muitos escritórios famosos utilizam da bioconstrução por que veem nela uma alternativa melhor nos dias atuais, pois é uma solução geradora de conforto, utiliza matérias naturais, é reutilizada e sustentável Temos uma cultura de olhar a construção em terra como coisa de pobre, seja a construção de taipa, a taipa de pilão e a taipa de mão. Mas, quando a gente consegue observar como a terra é importante, é onde a gente pisa, é onde a gente vive, é a responsável pelo clima onde andamos junto com a natureza, percebemos que essa construção é uma conexão presente e passado que a arquitetura moderna precisa, por que esta vai perde essa característica. Hoje em dia se copia meramente grande parte dos projetos. Seja de interiores, seja de arquitetura e a construção em terra ela sempre, não importa onde ela seja aplicada, ela vai ter uma identidade local, uma identidade daquele povo. Algo que a Contemporaneidade precisa. As técnicas construtivas trazem o homem de volta para o contato da casa como um todo, não só da vivência, mas da própria construção. Ela auxilia como se fosse uma apropriação daquele meio. Isso gera muitas outras corretes. Gera uma consciência ecológica, gera uma consciência preservacionista não só do patrimônio, mas da própria natureza. E eu acho que é importante este regaste amplo. Não resgata apenas técnicas, mas resgata a pessoa para a casa. A minha turma foi a pioneira do ensino dessa técnica na faculdade junto com a professora Ingrid. Então falando pelo lado pessoal, ela foi importante como um todo: para a união da nossa turma e na abrangência de pensamentos. Porque não só para mim, mas para a turma, o exercício nos fez enxergar uma nova maneira de trabalhar. Até aquele ponto a gente só enxergava um único caminho na questão da construção e agora a gente tem todo um novo âmbito para ser trabalhado que mesmo que não consiga ser aplicado na sua totalidade, ele já influencia o mínimo. Por mais que a gente tenha estudo de técnica de conforto acústico e ambiental, nada é tão puro, tão simples e capaz de auxiliar a gente construtivamente quantos as técnicas bioconstrutivas. (Depoimento fornecido pela aluna Raissa Fonseca Ferreira do 9º período/CAU-UEMA).

As técnicas construtivas de arquitetura em terra são importantes, pois dão uma dimensão da simbiose entre o saber tradicional e a prática da sustentabilidade, sem contar que “humanizam” o ato de construir. As práticas de construção são importantes a partir do momento que estreitam a distância entre ideia e concretização. Enquanto aluna, acho importante, pois é um tipo de prática que foge do habitual, faz os alunos refletirem sobre a resistência e peculiaridades dos materiais retirados diretamente da natureza e incentivam um tipo de cooperação que os trabalhos e demais projetos diários da faculdade não conseguem alcançar Temos uma cultura de olhar a construção em terra como coisa de pobre, seja a construção de taipa, a taipa de pilão e a taipa de mão. Mas, quando a gente consegue observar como a terra é importante, é onde a gente pisa, é onde a gente vive, é a responsável pelo clima onde andamos junto com a natureza, percebemos que essa construção é uma conexão presente e passado que a arquitetura moderna precisa, por que esta vai perde essa característica. Hoje em dia se copia

meramente grande parte dos projetos. Seja de interiores, seja de arquitetura e a construção em terra ela sempre, não importa onde ela seja aplicada, ela vai ter uma identidade local, uma identidade daquele povo. Algo que a Contemporaneidade precisa. As técnicas construtivas trazem o homem de volta para o contato da casa como um todo, não só da vivência, mas da própria construção. Ela auxilia como se fosse uma apropriação daquele meio. Isso gera muitas outras correes. Gera uma consciência ecológica, gera uma consciência preservacionista não só do patrimônio, mas da própria natureza. E eu acho que é importante este regaste amplo. Não resgata apenas técnicas, mas regata a pessoa para a casa. A minha turma foi a pioneira do ensino dessa técnica na faculdade junto com a professora Ingrid. Então falando pelo lado pessoal, ela foi importante como um todo: para a união da nossa turma e na abrangência de pensamentos. Porque não só para mim, mas para a turma, o exercício nos fez enxergar uma nova maneira de trabalhar. Até aquele ponto a gente só enxergava um único caminho na questão da construção e agora a gente tem todo um novo âmbito para ser trabalhado que mesmo que não consiga ser aplicado na sua totalidade, ele já influencia o mínimo. Por mais que a gente tenha estudo de técnica de conforto acústico e ambiental, nada é tão puro, tão simples e capaz de auxiliar a gente construtivamente quantos as técnicas bioconstrutivas. (Depoimento fornecido pela aluna Mayara Serra do 8º período/CAU-UEMA).



Figura 2 - Canteiro experimental da disciplina de Técnicas Construtivas Tradicionais – Taipa de mão, ano 2013.1



Figura 3 - Canteiro experimental da disciplina de Técnicas Construtivas Tradicionais – Adobe, ano 2013.2

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O canteiro experimental do Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual do Maranhão se justifica pelo incentivo a projetos de pesquisa e investigação científica sobre o uso da terra como material construtivo, principalmente em uma cidade histórica de paredes em pedra argamassada com areia e cal, em taipas de mão, tabiques, cruzeiros de Santo André e declarada Patrimônio Mundial da Humanidade. O canteiro é um espaço de estímulo, aperfeiçoamento, divulgação sobre a arquitetura de terra, sobre modelos projetuais bioconstrutivos e de promoção de resultados científicos e tecnológicos gerados que possam atender as comunidades e atores locais.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- Braga, M. (2003). *Conservação e restauro: arquitetura*. Rio de Janeiro: Ed. Rio. p.53.
- Freire, P. (1996). *Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa*. São Paulo: Paz e Terra. p.12-28.
- Keeler, M; Burke, B. (2010). *Fundamentos de projetos de edificações sustentáveis*. Bookman: Porto Alegre. p.212.
- Minto, F.C.N. (2009). *A experimentação prática construtiva na formação do arquiteto*. 2009. Disponível em www.theses.usp.br/teses/.../Dissertação_Fernando_Cesar.pdf. Acesso em 15/05/2014.
- Pisani, M. A. J.; Corrêa, P.; Caldana, V.; Villà, J.; Graziosi, J. (2007). Canteiro Experimental: prática ou invenção?. III Fórum de Pesquisa FAU.MACKENZIE. Disponível em www.mackenzie.br/foruns.html. Acesso em 18/05/2014.
- Ronconi, R.L.N. (2005). *Canteiro experimental – uma proposta pedagógica para a formação do arquiteto e urbanista*. Disponível em <http://revistas.usp.br/posfau/article/viewFile/43406/47028>. Acesso em 19/05/2014.
- Sattler, M.A. (2007). Desenvolvimento urbano. Habitações e construções sustentáveis no Brasil.2007. Disponível em: <http://www.usp.br>. Acesso em 28/03/2014

AUTORES

Ingrid Gomes Braga é Doutora em Conservação e Restauração em Bens Culturais pela Universidad Politécnica de Valencia – UPV, Espanha e Professora Adjunta I do Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual do Maranhão. Margareth Gomes de Figueiredo é Doutora em Engenharia Civil pela Universidade de Aveiro, Portugal e Professora Adjunto I do Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual do Maranhão.

Margareth Figueiredo, arquiteta, é doutora em Engenharia Civil pela Universidade de Aveiro, Portugal, Professora Assistente II da Universidade Estadual do Maranhão - UEMA.

PROJETO FAE 15/12 – PROCESSO EDUCATIVO NA FORMAÇÃO DE ASSENTADOS DA REFORMA AGRÁRIA PARA A PRODUÇÃO DE BTC

**Yasmin Arielly Cavalcante¹; Denis Costa Comandule²; Micaella Archanjo Martins³;
Eduardo Salmar Nogueira e Taveira⁴**

Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, FEAU, UNIMEP, Santa Bárbara d'Oeste, São Paulo

¹ yasmin.acavalcante@gmail.com; ² deniscomandule@gmail.com; ³ micarchanjo@hotmail.com; ⁴ esalmar@gmail.com

Palavras-chave: Bloco de terra comprimida, assentamentos rurais, capacitação.

Resumo

O presente projeto teve como objetivo capacitar trabalhadores rurais, advindos dos Assentamentos do Movimento Sem Terra em Sumaré – SP, a produzir BTC (bloco de terra comprimida/ solo-cimento). Para tanto, foram realizadas visitas quinzenais do grupo de assentados ao campus da UNIMEP de Santa Bárbara d'Oeste, onde tiveram aulas teóricas e práticas na produção de BTC, orientados pela equipe do projeto. Foram ensinados procedimentos para identificação de um solo ideal; procedimentos técnicos de laboratório, como ensaio granulométrico, ensaio de retração; utilização de normas técnicas; e construção de protótipos. Houve ainda visitas da equipe técnica aos assentamentos de Sumaré, a fim de firmar um contato mais direto com a comunidade local. Foram retiradas amostras de terra dos assentamentos e analisados os tipos de solo para o uso nas aulas práticas, de maneira a aproximar mais ainda a tecnologia de fabricação dos blocos de solo-cimento à realidade encontrada nos assentamentos. A participação dos moradores foi de fundamental importância, já que sua luta consiste no direito a terra, e ela é o principal meio de sua subsistência. Portanto, o projeto almejou capacitá-los a fim de que tenham autonomia e produzam com suas próprias mãos o bloco que poderá ser utilizado na construção de áreas particulares e de uso comum nos assentamentos, e um possível gerador de renda para a comunidade, além de serem capazes de levar o uso desta técnica a outras pessoas. Como continuação do projeto, está sendo realizada a criação de um manual didático para produção de blocos de solo-cimento, baseado em todo material levantado ao longo do projeto, pesquisas bibliográficas, pesquisa documental, pesquisa prática, levantamento de dados, estudos de caso e pesquisa participativa. Mais uma ferramenta criada com o objetivo de divulgação e orientação desta técnica construtiva em terra.

1. INTRODUÇÃO

O projeto Processo Educativo na Formação de Assentados da Reforma Agrária para a Produção de Tijolos de Solo-cimento, foi desenvolvido de agosto de 2012 a julho de 2013, como projeto de extensão universitária com a participação da Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Urbanismo – FEAU, do Núcleo de Estudos e Programas em Educação Popular - NEPEP e do Curso de Pedagogia da Faculdade de Ciências Humanas – FCH, da Universidade Metodista de Piracicaba.

Dentre os objetivos pretendidos inicialmente e atingidos está capacitar os assentados envolvidos no curso para a produção de blocos de solo-cimento, popularmente conhecidos como tijolos ecológicos. Dessa forma, contribuir para o desenvolvimento da comunidade e ao mesmo tempo formar agentes multiplicadores de um conhecimento técnico através de sua difusão entre mais pessoas.

Também se buscou favorecer a autonomia de produção dos assentamentos da reforma agrária, I, II e III de Sumaré, para a utilização dos blocos em suas construções locais.

Com a capacitação técnica dos assentados na produção de blocos de solo-cimento, foi gerado um potencial para uma possível implantação de 'Olarias Ecológicas' dentro dos assentamentos.

E ainda, com a sistematização deste trabalho de capacitação e com o acompanhamento dos trabalhos de campo gerou-se um novo projeto durante agosto de 2013 a julho de 2014, que

tem por objetivo elaborar a montagem e edição de um manual didático para a produção de BTC, mais uma ferramenta de difusão e fixação do conhecimento adquirido.

2. CRONOLOGIA DO DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

As ações foram pautadas nos princípios da Educação Popular, em que se reconhece a política a serviço da comunidade visando a superação da condição a-histórica a que a maioria da população empobrecida foi historicamente submetida. É também da Educação Dialógica que é feita com a comunidade e não para a comunidade.

O desafio foi realizar o trabalho através de uma dinâmica que permitiu a consolidação da identidade do grupo, pois se esperava que as comunidades pudessem organizar-se. Assim, buscou-se respeitar os saberes da comunidade, partindo de seus saberes para novos conhecimentos, mais aprofundados. Aproveitar as experiências prévias dos participantes para discutir determinados assuntos aprimorando seu conhecimento.

Este projeto foi fruto de diálogo de diferentes áreas do saber, e visou capacitar e favorecer a autonomia da comunidade para a produção e utilização de BTC em suas construções.

Em termos gerais, o curso aconteceu nas etapas de: escolha da terra correta, normas técnicas e ensaios laboratoriais; a preparação do traço correto, normas técnicas de dosagens; conhecendo a prensa, normas e dimensionamentos; produção e cura dos blocos; construção de paredes, normas e argamassas.

Os encontros foram realizados no campus de Santa Bárbara d'Oeste no Laboratório de Sistemas Construtivos (LABSIS) do curso de Arquitetura e Urbanismo, que dava suporte as atividades práticas realizadas, as aulas lecionadas e aos ensaios executados, visando promover o treinamento teórico-prático dos participantes na tecnologia do solo-cimento aplicada na prensagem manual de blocos.

Além dos encontros na universidade, vários encontros aconteceram no próprio assentamento, com o objetivo de interagir com a comunidade e adquirir mais afinidade com o projeto, aprendendo melhor sobre a realidade dos assentados e sobre seu dia-a-dia. Os alunos dos diferentes cursos de graduação tiveram experiências de conviver com uma realidade diferente.

Foi feito pelos próprios alunos da graduação um levantamento planialtimétrico das áreas dos assentamentos I, II, III com acompanhamento de moradores locais, coletando amostras de três lotes de cada assentamento. As amostras foram retiradas seguindo os critérios de profundidade, de facilidade de acesso e também de ausência de material orgânico, depois levadas ao LABSIS, foram analisadas e realizaram-se ensaios de granulometria e retração para identificar o perfil de cada solo. Um mapa foi feito para cada assentamento utilizando sua planta junto com a identificação de cada solo analisado (Figuras 1, 2 e 3). Essas informações são de importantes para no preparo do traço correto para a produção do bloco de solo-cimento, para saber a dosagem e os elementos que o constituem.

A técnica construtiva de solo-cimento foi passada aos assentados na universidade, onde eles conheceram o protótipo de habitação popular construído no campus pelos alunos, provando que é possível construir utilizando esta técnica construtiva. Foram distribuídos cartazes e folhetos sobre o projeto para divulgação no assentamento (Figura 4).

Algumas pretensões relacionadas a uma possível parceria do INCRA foram levantadas entre os moradores e os professores envolvidos, a fim de estender o projeto e possibilitar maior autonomia na produção, com o financiamento de maquinários e até uma usina de produção desses componentes. Foi notável o envolvimento e a expectativa a cada encontro. Por fim foi decidido e elaborado o projeto de um Centro de Distribuição de Alimentos em área do assentamento, onde o INCRA financiaria e teria a COOPASUL – Cooperativa de Produção Agropecuária e Comercialização dos Assentamentos de Sumaré por entidade proponente. Este projeto foi levado a sede do INCRA em São Paulo, e aguarda aprovação.

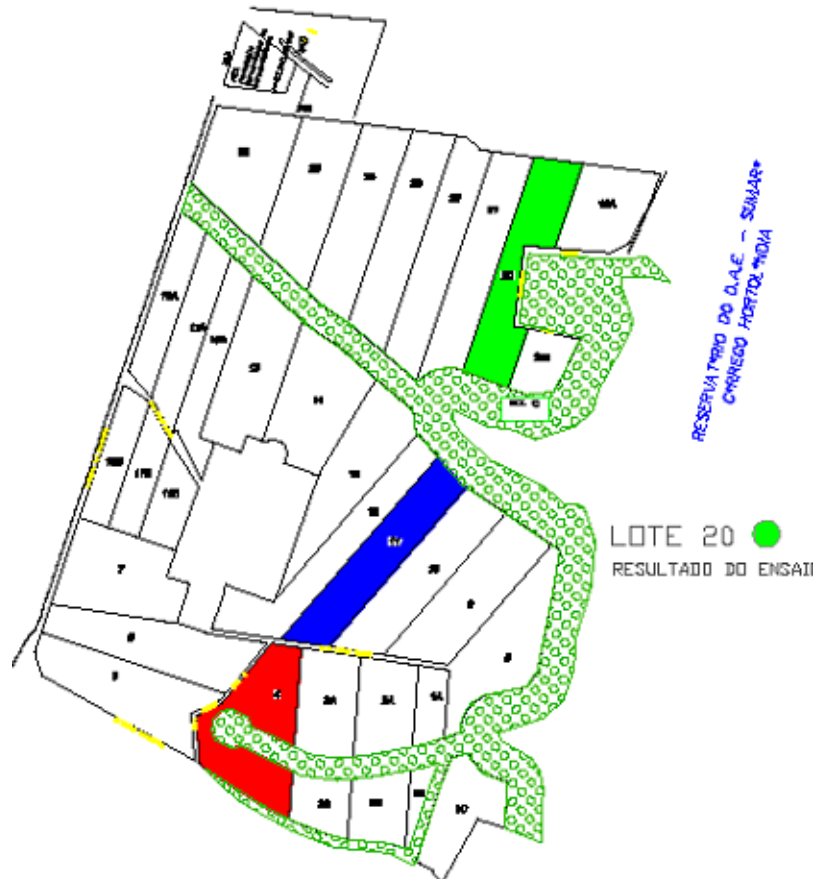


Figura 1. Mapa de identificação dos solos do A

LOTE 20 ●
RESULTADO DO ENSAIO DE GRANULOMETRIA

PENEIRA ABNT	MASSA RETIDA (g)	PORCENTAGEM RETIDA (%)	PORCENTAGEM RETIDA ACUMULADA
4,8	71,7	4,76	4,76
2,4	212,53	14,12	18,88
1,2	270,15	17,95	36,83
0,6	233,7	15,53	52,36
0,3	310,5	20,63	72,99
0,15	251,33	16,7	89,9
FUNDO	155,11	10,31	100
TOTAL	1505,02	100	

Figura 2. Tabela com resultado do ensaio de granulometria referente ao Lote 20 do Assentamento I.

Resultado do teste de retração 61 mm



Figura 3. Imagem do teste de retração realizado no Lote 20 do Assentamento I.

UNIVERSIDADE METODISTA DE PIRACICABA

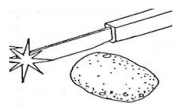
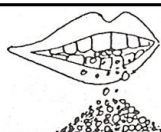
“Processo educativo na formação dos assentados da reforma agrária para a produção de tijolos de solo-cimento” Projeto FAE 15/12



CONHECENDO O SOLO IDEAL PARA O TIJOLO DE SOLO-CIMENTO – ANÁLISES PRELIMINARES

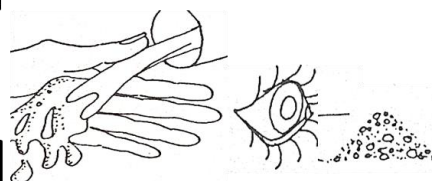
Objetivo: Identificar o grão com o maior tamanho.

Exame de mordida: Morder um pouco da amostra entre os dentes. A terra é arenosa se provocar uma sensação desagradável entre os dentes. A terra é argilosa se sentirmos uma sensação lisa e farinhosa entre os dentes. Atenção: deve-se ter cuidado higiênico com as amostras.



Objetivo: identificar a composição do tamanho dos grãos do material (a fração fina).

Exame tátil: triturar a amostra entre os dedos e a palma da mão. A terra é arenosa se temos uma sensação de rugosidade e não se observa nenhuma ligação. A terra é limosa se temos uma ligeira impressão de rugosidade e a amostra úmida apresenta uma plasticidade média. A terra é argilosa se no estado seco apresenta torrões que resistem à compressão e em estado úmido mudam para uma massa plástica e colante.

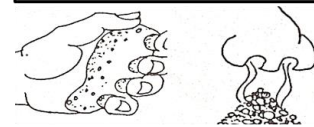


Objetivo: Observar a cor e a composição da amostra (o tamanho dos grãos).

Exame visual: examinar uma amostra em estado seco e observar os componentes para avaliar seus componentes arenosos (areia) e argilosos (argila). Nesse exame a porção fina (argilas e limo) que é composta por partículas inferiores a 0,08mm, não é visto a olho nu.

Objetivo: Observar a quantidade de argila na amostra.

Exame de aderência: Toma-se um pouco de terra úmida que não se adere aos dedos e se corta com uma espátula. A terra é bem argilosa se a espátula penetra sem grandes dificuldades e a terra é pouco argilosa se a espátula penetra e se retira com facilidade mesmo quando manchada pela terra.



Objetivo: Detectar a presença de material orgânico na amostra.

Exame de odor: Cheirar a amostra, se ela conter odor de húmus existe elementos orgânicos nessa amostra. Esse odor aumenta se aquecermos ou umedecermos a amostra, esse tipo de terra não é apropriado para construção.

Figura 4. Panfleto para apresentação das análises preliminares feitas no solo

Além das aulas do curso, foi também aplicado um questionário nos assentamentos I, II e III realizado pelos alunos da faculdade de Pedagogia com o objetivo de contextualizar e caracterizar os assentamentos, em aspectos como número de moradores por lote, os que trabalham no assentamento, os materiais de construção usados em suas moradias, seus conhecimentos práticos sobre construção civil e ferramentas utilizadas, e seu tempo disponível para o treinamento em construção.

Todos esses resultados, inclusive o relatório parcial, foram apresentados aos assentados junto com uma cópia para seus arquivos.

A aula prática de execução para confecção do BTC dividiu a sala em equipes monitoradas, praticando os testes preliminares de identificação do tipo de terra, e também o de retração de maneira bem interativa, pois cada participante expressava suas impressões, obtidas ao longo da atividade.

Durante a aula prática de composição de traço e alvenaria de BTC, os assentados dividiram-se em grupos para construção de pequenas alvenarias vasadas utilizando os blocos de solo-cimento, e outro grupo era encarregado do processo de fabricação dos blocos, desde sua mistura, até sua chegada à prensa manual, a força aplicada sobre a alavanca e a retirada dos blocos da prensa e armazenamento no local de cura úmida. Foi utilizada apenas a terra coletada como amostra dos assentamentos e todo o processo contou com o auxílio de alunos monitores.

Por fim, foram feitas as considerações finais, e discutidas as dúvidas relativas ao processo de fabricação do bloco e de seu comportamento no assentamento em obra. Na última reunião questões foram lançadas ao final do curso, relacionadas à nova visão que os alunos adquiriram sobre a aplicação da técnica de construir com terra, por meio do BTC. Para o encerramento da aula, foi mostrado através de uma apresentação multimídia, olarias, construções realizadas com bloco de solo-cimento e suas aplicações.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em todas as etapas desse projeto é indissociável relacionar ensino, pesquisa e extensão, a extensão agrega ao ensino e a pesquisa o compromisso social necessário para que todo o conhecimento produzido e disponibilizado pela Universidade esteja a serviço da comunidade externa e especificamente para aqueles que não têm acesso à própria Universidade.

Levar uma técnica diferente do que é rotineiro para um povo é um constante desafio e também uma incessante busca por resultados que dirão o quão válido fomos.

Nem a universidade, nem educadores conseguiriam isso sem um retorno cultural da comunidade parceira. "Ninguém educa ninguém, ninguém se educa a si mesmo, os homens se educam entre si, mediatizados pelo mundo." (Freire, 1981, p.79).

O primeiro desafio a ser superado é a interação dos membros participantes do projeto através de suas expressões culturais, assim, pode-se criar uma interação mais íntima e melhor com o objetivo do projeto, partindo do conhecimento que já existe e que já é familiar a eles.

Os que buscam resultados tem a capacidade de observar e se surpreender com o que se deparam ao longo da caminhada, grandes sábios serão formados. A maneira com que esses moradores dos assentamentos I, II e III mostraram isso foi fazendo da sua história e dia a dia, sua sabedoria e conhecimento (Figura 5). Isso traz claramente a Universidade que não só de técnicas, cursos, faculdades e salas de aula provém o conhecimento, o saber deles é o de sair às suas janelas e ver o João de barro construindo sua moradia de barro, numa árvore, esta é a verdadeira escola da vida. Ironia ou não, o projeto chegou nestas comunidades para viabilizar na prática o que tantas vezes viam aquele pássaro fazer. Construir, com terra e água.



Figura 5. Encerramento das atividades na Universidade.

Neste projeto foi observado que a Universidade não exibiu apenas seu papel de oferecer a graduação ao aluno, mas, mais do que isso, ela pôde formar seu caráter de uma maneira prática, através de um projeto de extensão que buscou a troca do saber resultando em um trabalho social e educador.

Foi possível perceber como uma técnica construtiva e o compartilhar do conhecimento se enlaçam e resultam em alunos mais envolvidos, mais conscientes e preparados para formar sua própria opinião, diferente do que a sociedade impõe a pensar, e também resulta em uma comunidade qualificada tecnicamente.

Uma idealização que ganhou forma a cada encontro, trabalhando dúvidas, estudando e repassando teorias, conhecendo a prática. O assentado foi várias vezes à faculdade e a faculdade várias vezes ao assentamento, compartilhamento saberes e vivências.

Essa relação educadora trouxe à tona várias questões dos assentamentos, talvez novo direcionamento sobre a possível independência produtiva do BTC através do financiamento de uma olaria, levando em conta que seria totalmente viável, segundo os testes de análise dos solos e a mão de obra disponível que já possuem. A produção deste bloco é ecologicamente correta e sustentável, e viável tecnicamente, economicamente e socialmente, além de muito favorável à busca pela autonomia construtiva do assentamento já que os assentados possuem o material, a mão de obra e agora a técnica a seu favor.

Foi citado por um dos moradores que ele gostaria de passar para seus netos esta técnica de construção, vê-los usufruindo desta, o que possibilita a percepção da dimensão que pode ser alcançada através do conhecimento em junção com a cultura, em que a técnica, por si só, ganha vida e continuidade por gerações, passada como um saber.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

FREIRE, Paulo. *Pedagogia do oprimido*. 9. ed., Rio de Janeiro: Editora Paz e Terra. 1983.

AUTORES

Yasmin Arielly Cavalcante, técnica em edificações pela ETEC Polivalente de Americana (2011). Graduando em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Metodista de Piracicaba, conclusão em 2016. Aluna bolsista de Projeto de Extensão “Criação de Material Gráfico sobre o Processo Educativo na Formação de Assentados da Reforma Agrária para a Produção de Tijolos de Solo-cimento”, da Universidade.

Denis Costa Comandule, graduando em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Metodista de Piracicaba, conclusão em 2016.

Micaella Archanjo Martins, graduanda em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Metodista de Piracicaba, conclusão em 2016.

Eduardo Salmar Nogueira e Taveira, Arquiteto. Desenvolve projetos e construções com terra através da empresa ARQUITerra. Coordena projetos de Restauro Arquitetônico desde 2004 como professor colaborador do grupo INOVA-UNICAMP/IPR- Inovação e Pesquisa do Restauro. Atualmente desenvolve pesquisas com ênfase em Inovações Tecnológicas, Análise do Ciclo de Vida (ACV), Adequação Ambiental, Projetos Residenciais. Representante brasileiro da cátedra Unesco em Arquitetura de Terra e Desenvolvimento Sustentável CRATerre/UNESCO-UNITWIN. Membro Titular desde 2001 da rede Iberoamericana PROTERRA.

APRENDER E FAZER: A EXPERIÊNCIA DO GRUPO DE ESTUDOS ALTERNATIVOS PARA O HABITAT SUSTENTÁVEL DA PUC-MINAS, campus POÇOS DE CALDAS

**Ludmilla Francisca Duarte¹; Lucas Pierre Paiva de Souza²;
Rosana Soares Bertocco Parisi³**

Departamento de Arquitetura e Urbanismo, PUC-Minas, campus Poços de Caldas, MG

¹dludmillafrancisca@yahoo.com.br; ²lucas.pierre@live.com

³Instituto de Ciências Sociais, Departamento de Arquitetura, PUC-Minas, campus Poços de Caldas, MG
rosanaparis84@gmail.com

Palavras-chave: Construções com terra; formação; conservação; sustentabilidade; técnicas mistas.

Resumo

Pretende-se com este trabalho apresentar a experiência que acontece no Curso de Arquitetura e Urbanismo da PUC-Minas, campus Poços de Caldas, onde semanalmente ocorrem encontros de alunos e docentes para estudar técnicas não-convencionais para construções mais sustentáveis, em particular, onde haja o emprego da terra. Os principais estudos envolvem o aprendizado de técnicas de construção e são realizados com alunos dos cursos de Arquitetura e Urbanismo e Engenharia Civil. Tais atividades tratam de pesquisas, experimentos e aplicação das técnicas em construções que se desenvolvem com o emprego da terra, não só no campus, mas também na comunidade. No campus de Poços de Caldas há uma obra, atualmente paralisada, denominada "Centro de Referência para o Habitat Sustentável e Eficiência Energética" onde foi possível envolver o grupo através de práticas de construção, de maneira eficaz para assimilar o conteúdo teórico e chegar até a prática construtiva. Como o principal aspecto dessa obra, é o de tornar-se um laboratório para pesquisas de técnicas não-convencionais de construção, o grupo tem desenvolvido discussões e pequenas oficinas no próprio campus da universidade. Tal projeto tem despertado interesse no campus e as experiências são bastante enriquecedoras. A construção com terra é uma forma interessante de construir, tradicional e que remonta a tempos imemoriais, mas que pode representar uma esperança para edificações mais sustentáveis e menos impactantes.

1. INTRODUÇÃO

Desde 2011, vem sendo desenvolvido o planejamento, projeto e início da construção do Centro de Referência em Pesquisas para um Habitat Sustentável e Eficiência Energética, coordenado por docentes do Curso de Arquitetura e Urbanismo, juntamente com acadêmicos do mesmo curso e do Curso de Engenharia Civil da PUC-Minas, campus Poços de Caldas. O objetivo dessa pesquisa é estudar e experimentar técnicas de construção sustentáveis, realizando o estudo de materiais não convencionais e o ciclo de vida dos mesmos, analisando, também, os componentes e tecnologias a serem utilizados. Esse estudo inicial permitiu projetar, com a finalidade de analisar, calcular e reduzir os possíveis impactos ambientais a curto, médio e longo prazos da construção em questão, além de otimizar formas para o desempenho no conforto acústico, térmico e luminoso da edificação, juntamente com uma avaliação de tecnologias ali empregadas pretendendo sua posterior aplicação em habitações de interesse social.

Além da utilização de técnicas de construção com o emprego de terra, como o BTC e a taipa de pilão, o projeto prevê também o uso de energias limpas, como a fotovoltaica e a energia solar e a reutilização e armazenamento de águas pluviais, assim como o tratamento de esgoto pelo sistema de bacia de evapotranspiração. O objetivo da proposta é sensibilizar prefeitos e gestores municipais da região em que Poços de Caldas está inserida para que o Centro de Referência possa ser utilizado como modelo para a produção de habitações de interesse social. Por essa razão, esse Centro de Referência possui um projeto arquitetônico que pode ser adaptado para uma moradia, reforçando a ideia de que, ao se aliam

materiais naturais e de baixo impacto ambiental a um projeto arquitetônico modular, em que há previsão de crescimento, essas habitações serão mais confortáveis e agradáveis do que aquelas normalmente executadas para a população de baixa renda. Pretende-se, a partir dessa ideia, construir um local aberto a visitas, para ser conhecido e compreendido por membros da comunidade e por técnicos de toda a região como algo passível de ser implantado, garantindo melhores condições de conforto e habitabilidade para as populações menos favorecidas, que são o alvo do nosso trabalho. Recebeu a denominação de Centro de Referência para o Habitat Sustentável pelo motivo de reforçar a importância de serem desenvolvidos projetos de habitações de baixo custo e com baixo impacto ambiental para a população economicamente menos favorecida.

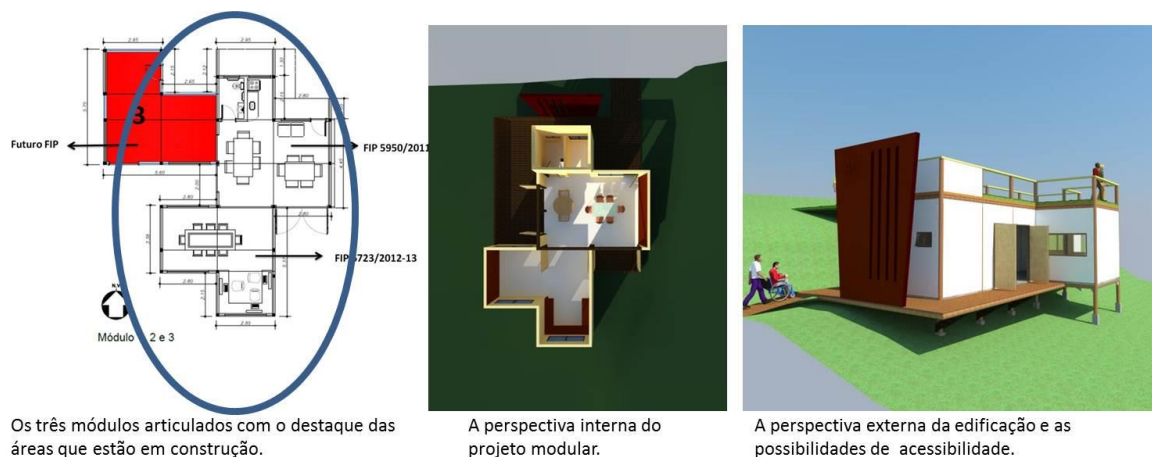


Figura 1 – Projeto arquitetônico do primeiro e segundo módulos do Centro de Referência. Planta e suas articulações e perspectivas elaborados no Sketch Up. Sem escala. Créditos: Marin; Rezende; Parisi, 2012.

2. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

Há mais de um ano, vem sendo realizadas reuniões semanais no campus, onde os alunos, acompanhados dos docentes, visitavam a obra, acompanhando seu processo de construção e discutiam a concepção projetual e o processo para a construção da mesma. Via de regra, um ou mais docentes orientavam os alunos sobre os sistemas construtivos, as formas adequadas de armazenamento de materiais, discutiam e ensinavam sobre o uso de técnicas de construção com terra, assim como falavam sobre o gerenciamento de obra e conservação e durabilidade de materiais. Houve também, durante esse período, oficinas de capacitação e conhecimento das técnicas de construção com terra. Em uma delas, foi realizada a fabricação de BTCs e taipa de pilão e discutidas questões que abordavam sobre o emprego dessas técnicas, sua conservação e formas mais adequadas para aplicação. Foram ainda abordados durante as reuniões, temas como o uso da terra como material de construção, detalhamento de projetos com o emprego desse tipo de material e execução de práticas para a fabricação de taipa de mão, taipa de pilão, adobe e BTC. Através dessas atividades foi possível aos alunos conhecerem os tipos de solos e suas características e refletirem sobre o emprego de materiais e técnicas não convencionais e de baixo impacto ambiental. Foi ainda realizado, como exercício prático, a coleta de solos de diversas partes do campus, assim como um teste tátil-visual para classificação dos mesmos, baseado em uma das recomendações descritas por Neves et al (2005).

Durante o período de acompanhamento da obra, presenciaram-se momentos satisfatórios, mas também houve algumas dificuldades que impediram o desenvolvimento adequado e desejado por todos os participantes. Durante o período de desenvolvimento da obra, destaca-se sua etapa inicial, relativa à marcação e esquadreamento, determinação de níveis e possibilidades de acessos para as pessoas com deficiência. Tal etapa pode ser observada através das imagens da figura 2.



Figura 2 – Fotos do desenvolvimento da obra do Centro de Referência.
Créditos: Marin, 2012 e Duarte, 2013.

Uma etapa interessante que os alunos tiveram a oportunidade de acompanhar foi àquela relativa à perfuração do solo, conforme projeto estrutural anteriormente realizado. Este previa 54 brocas com profundidades entre quatro e seis metros, todas perfuradas à trado manual. Dessa maneira, ainda que tenha sido possível aprender sobre o processo de fundação, ficou claro que, devido à falta de recursos, uma obra também pode ter o critério de sustentabilidade dificultado: o atraso de cada uma das etapas dificulta também a sustentabilidade econômica, conforme apontam Keeller e Burke (2010). Segundo esses autores, para o desenvolvimento de um projeto sustentável, a edificação deve resolver todas as problemáticas que forem encontradas tanto na fase de projeto quanto na fase da obra.

Depois dessa etapa, foram ainda concretadas seis das 17 caixas estruturais, e, em seguida, a obra foi paralisada. Houve problemas relativos à mão de obra em um primeiro momento e depois relativos à liberação da compra de materiais necessários.



Figura 3 – Utilização do trado manual para a perfuração das brocas, escoras ao redor da estrutura do gabarito, brocas concretadas. Crédito: Duarte, 2013

Apesar da paralisação dessa obra, as reuniões continuaram, e os pesquisadores participantes começaram a buscar referências de outros projetos de mesmo âmbito a fim de entender o processo e a análise do desenvolvimento dos mesmos.

Em contato com docentes e alunos dos cursos de Engenharia Civil e Arquitetura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), foi possível tomar conhecimento de alguns projetos interessantes e de relevância semelhantes ao tema que foi colocado em prática pelos mesmos. Um exemplo desses foi o projeto “Abrigo na Natureza: Construção Mbyá-Guarani, Sustentabilidade e Intervenções Externas” que se trata de um relato da

realidade de algumas comunidades indígenas da etnia Mbyá-Guarani, do Rio Grande do Sul, e da relação entre as construções naturais indígenas e as intervenções habitacionais externas. Nessa região são desenvolvidas diferentes soluções construtivas, utilizando os materiais disponíveis e respeitando a cultura local. Na análise deste trabalho os discentes da PUC-Minas Poços de Caldas reforçaram a importância de se construir uma arquitetura em sintonia com o seu meio, utilizando de recursos renováveis e comuns em sua região.

Outro projeto que foi estudado como referência por ter sido uma das fontes de inspiração do projeto do Centro de Referência da PUC-Minas foi o projeto da Casa Alvorada, elaborado por discentes e docentes ligados ao NORIE- Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação também da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. De acordo com Sattler (2007a), a primeira oportunidade de projeto de extensão, na linha de pesquisa em edificações e comunidades sustentáveis, foi oferecida ao NORIE pela Prefeitura de Alvorada, RS, em 1997, e resultou no Projeto Alvorada. Ao final de 1997, foi firmado um convênio entre o NORIE/UFRGS e a Prefeitura Municipal de Alvorada (cidade localizada na região metropolitana de Porto Alegre, RS), para que o NORIE, por meio de consultoria, contribuísse para o desenvolvimento de estudos e pesquisas sobre materiais ecológicos e de baixo custo, para moradias populares no âmbito da municipalidade. O convênio contou com o patrocínio do Centro Internacional de Investigações para o Desenvolvimento (IDRC), organização não-governamental do Canadá, que apoiava o município de Alvorada no desenvolvimento de estudos na área ambiental. Este projeto resultou em um livro muito interessante denominado 'Habitações de baixo custo mais sustentáveis: A Casa Alvorada e o Centro Experimental de Tecnologias Habitacionais Sustentáveis' (Sattler, 2007b), onde os alunos envolvidos no projeto da PUC-Minas puderam aprender muito sobre técnicas não convencionais e de baixo impacto ambiental, sobre ciclo de vida da construção e de seus componentes, entre outros aspectos. Alguns destaques desse trabalho de Sattler (2007a), que pode ser considerado como um dos pioneiros no que diz respeito ao serem aliadas as questões da sustentabilidade e da qualidade e conforto das habitações de baixo custo no Brasil podem ser observadas nas imagens das figuras 4 e 5.



Figura 4. Imagens do Projeto Alvorada em fases distintas da obra, com especificações do sistema construtivo. Fonte: Sattler, 2007b.

Em um artigo denominado 'Edificações e comunidades sustentáveis', Sattler (2007a, p. 7) argumenta no tópico tentando sensibilizar os alunos para o tema da sustentabilidade, conforme mostrado na figura 5, que "...muito mais importante do que a aparência das edificações, é o que é oferecido àqueles que de fato ocupam as edificações: os seres humanos". E continua,

assim, as edificações deverão prover um abrigo tanto para o seu corpo, como para o seu espírito. Ambos requerem necessidades igualmente importantes a serem atendidas. Assim, o projeto deverá integrar uma diversidade de canais capazes de dar vazão aos fluxos de conhecimentos, emoções e sensações, que alimentam a mente, alma e sentidos dos usuários. Neste contexto, uma janela, por exemplo, não se abre apenas à passagem do sol ou das brisas (para prover as necessidades de conforto térmico), mas também aos aromas do verão, à visão e aos ruídos gerados pelas crianças que brincam no exterior, assim como aos cantos de pássaros, permitindo ainda ao corpo saborear uma fruta ao alcance da mão.

A janela possibilita, além disso, também o alimentar do cérebro com múltiplas informações (quais, quantas e de quem são as crianças; que aroma, frutos e insetos ou pássaros,...), assim como à alma com sentimentos não facilmente descritíveis, como aqueles ligados à beleza de um pôr-do-sol.



Estudantes “transpirando” durante a construção do Protótipo Casa Alvorada, no Campus da UFRGS (2001).

Figura 5 – Processo de execução do protótipo da Casa Alvorada na Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Fonte: Sattler, 2007b

Segundo Sattler (2007b, p. 9) “o processo de aprendizado inclui, muitas vezes, um envolvimento físico com o objeto sendo construído”. Diz que, muitas vezes, isto resulta em transpiração e suor. Entende que esse aspecto funciona tal qual uma atividade física e terapêutica, que provê aos alunos uma oportunidade singular para trabalhar cooperativamente e para, literalmente, colocar os seus ‘pés no barro’, finalizando que a maioria dos estudantes muito aprecia tais experiências e, sempre que possível, a elas se integram.

Acredita-se que o trabalho do NORIE e em particular os escritos de Sattler possam ser realmente uma grande fonte de inspiração para o que está se desenvolvendo, ainda que lentamente, na PUC-Minas. Consultando este autor por meio de correio eletrônico, ele afirmou que há muitos alunos que trabalharam em seus projetos de pesquisa ou elaboraram projetos de iniciação científica com temas afins que acabaram ingressando em programas de mestrado e doutorado. Outros trabalharam, junto a Organizações não Governamentais ou instituições, lutando por alternativas de projetos arquitetônicos, emprego de materiais e técnicas de construção em que haja o respeito ao meio ambiente, e se empregue a terra e materiais naturais para que haja um equilíbrio e um respeito entre o produto das mãos do homem e a própria natureza.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Além de discutir experiências e seus desdobramentos, principalmente no âmbito da formação e divulgação das técnicas não convencionais e de construção com terra como um caminho viável para a definitiva implantação desses sistemas no mercado da construção civil, o projeto do Centro de Referência pretende discutir a questão da sustentabilidade possível com uso dos materiais menos impactantes e por meio das relações de trabalho que os envolvem, a fim de disseminar a significativa contribuição que a Arquitetura e Construção com Terra pode oferecer no cenário atual, reforçando suas características de se materializar sem agredir o meio ambiente.

Para o desenvolvimento da arquitetura sustentável, a necessidade de referências para disseminar a ideia é essencial. Compartilhar o conhecimento e inovar, preservando o ambiente é o conceito e propósito da criação do Centro de Referência em que os acadêmicos e docentes do Curso de Arquitetura da PUC-Minas, campus de Poços de Caldas, continuamente vêm “aprendendo a fazer”.

De acordo com Sattler (2007b, p. 449-450),

É vital, portanto que, conscientes do que estamos gerando e deixando de herança para nossos descendentes, reflitamos e busquemos novas

alternativas. Entendemos que na área da construção civil, tais alternativas devam ser buscadas segundo uma nova ótica, alinhada com uma estética, seguindo a estética da sustentabilidade.

Se hoje no Brasil, o Protótipo Casa Alvorada do NORIE-UFRGS e a Casa Eficiente da ELETROBRÁS/UFSC configuram-se como modelos a serem seguidos em outras soluções para a produção da qualidade e diversidade nas habitações de interesse social, deseja-se que em um futuro próximo, e superando todas as dificuldades de natureza administrativa, de gestão ou financeira, o Centro de Referência, que é objeto de reflexão no presente trabalho, possa também reunir qualidades ou diferenciais que o possibilite disseminar a produção de habitações dignas, sustentáveis e eficientes, que gerem a satisfação não só naqueles que participaram do seu processo de concepção e construção, mas também nos seus futuros moradores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

KEELLER, Marian; BURKE, Bill. *Fundamentos de projeto de edificações sustentáveis*. Porto Alegre: Artmed Editora S.A., 2010.

NEVES, C., FARIA, O. B.; ROTONDARO, R.; CEVALLOS SALAS, P.; HOFFMANN, M. V. *Seleção de solos e métodos de controle em construção com terra – práticas de campo*. Rede Ibero-americana PROTERRA, 2005. Disponível em: <http://redproterra.org>. Acessado em 29/06/2014.

SATTLER, Miguel A. Edificações e comunidades sustentáveis. In: NUTAU- Núcleo de Pesquisa em Tecnologia da Arquitetura. *Anais...* São Paulo: USP, 2007a. 1 CD-ROM

SATTLER, Miguel A. Habitação de baixo custo mais sustentáveis: A Casa Alvorada e o Centro Experimental de Tecnologias Habitacionais Sustentáveis. Volume 8. Porto Alegre: Editora da UFRGS/Finep, 2007b.

AGRADECIMENTOS

À PUC-MINAS, campus de Poços de Caldas, pelo apoio para o trabalho e ao Prof. Dr. Miguel Aloysio Sattler, por uma série de esclarecimentos prestados para elaboração do referido artigo.

AUTORES

Ludmilla Francisca Duarte, acadêmica do Curso de Arquitetura e Urbanismo (PUCMINAS-Poços de Caldas/ 2013) e Voluntária de Projeto de Pesquisa FIP e de Projeto de Extensão Universitária (PUCMINAS-Poços de Caldas/ 2013-2014).

Lucas Pierre Paiva de Souza, acadêmico do Curso de Arquitetura e Urbanismo (PUCMINAS-Poços de Caldas/ 2013) e Voluntário de Projeto de Pesquisa FIP e de Projeto de Extensão Universitária (PUCMINAS-Poços de Caldas/ 2013-2014).

Rosana Soares Bertocco Parisi, Arquiteta e Urbanista (FAUPUCCAMP/1986), Mestre em Urbanismo Moderno e Contemporâneo (FAUPUCCAMP/2002), Doutora em Ciências da Engenharia Ambiental (EESC-USP/2008), Membro das Redes PROTERRA e TERRABRASIL.

TÉCNICAS CONSTRUTIVAS MISTAS: QUINCHA PERUANA ASSOCIADA AO ENSINO DE ARQUITETURA E CONSTRUÇÃO

Aline Ayami Kobayashi¹; Giovana de Carvalho Marchesin²; Paul Newman dos Santos³

Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo
aaykhi@gmail.com¹; gio_machesin@hotmail.com²; p.newman.ds@gmail.com³

Palavras-chave: Construção, *quincha*, terra, bambu

Resumo

O presente trabalho surge como resultado da disciplina de Tecnologia das Construções II-B, ministrada no ano de 2013 no Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. Inseriu-se dentro de um conjunto de exercícios para a difusão de diferentes técnicas construtivas de vedação e cobertura e teve como intenção geral a transmissão do conhecimento e do entendimento destas técnicas fora do padrão construtivo comercial brasileiro – alvenaria e concreto. Para o referente trabalho o modelo construtivo desenvolvido foi a técnica mista conhecida popularmente por *quincha peruana*, que tem como principais características ser econômica, acessível e sustentável. Grande parte do referencial teórico sobre a *quincha* encontra-se em língua espanhola, evidenciando a pouca disseminação da técnica no meio didático de graduação no Brasil. Dentro do campo de discussão deste trabalho, propomos debater os aspectos de uma arquitetura que tem a terra como elemento de identidade e dispor parâmetros construtivos da técnica *quincha*. A abordagem metodológica consistiu na elaboração de um projeto de produção para um modelo em escala real de um painel de vedação em *quincha* e a execução do mesmo, contribuindo para o entendimento acerca da técnica e dos materiais constituintes, com base na utilização do barro, do bambu e da palha. O exercício proporcionou o aprofundamento da discussão acerca do desenvolvimento e uso de técnicas mistas na construção atual. A partir disso, surge o interesse de elaborar um material didático para difusão da técnica em sala de aula, que tem como apoio a pesquisa e a prática desenvolvidas no exercício oferecido pela disciplina. Como resultado obteve-se a elaboração de um manual para a construção de um modelo didático de *quincha* em escala real para contribuir na difusão de técnicas de construção com terra no ensino de profissionais de arquitetura e construção.

1. CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO DE VEDAÇÃO EM QUICHA

O presente trabalho surge como resultado da disciplina de Tecnologia das Construções II-B, ministrada no Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. Inseriu-se dentro de um conjunto de exercícios no segundo semestre de 2013 que tinha como proposta a realização de um modelo em escala real de algum subsistema de vedação vertical ou cobertura com uma área aproximada de 1,00 m², de forma a dispor, como resultado, modelos que contivessem um recorde em escala 1:1 de alguma parte do subsistema escolhido. Foram dispostos como possíveis escolhas de cobertura: a) estrutura de madeira combinada com a manta termoplástica para impermeabilização; b) estrutura lamelar¹ combinada com a manta termoplástica para impermeabilização ou policarbonato; c) painel pré-fabricado combinado com telha cerâmica; d) telhado verde e telha de madeira. Dentre as vedações: a) *drywall*²; b) *wood frame*³; c) *steel frame*⁴ e d) técnicas mistas com terra. Dentre das técnicas mistas foram sugeridas algumas técnicas separadas por países, sendo, as do Brasil: a) taipa de mão, b) pau a pique, c) taipa de sopapo e d) taipa de sebe; Portugal: a) tabique e b) taipa de fasquio; Japão: *tsuchikabe*; França: *torchis*; Estados Unidos da América: *wattle and daub*; Colômbia, Equador: *esterilla*; Peru: *quincha*. Para este trabalho a técnica escolhida para o desenvolvimento da proposta foi a *quincha*.

O exercício da disciplina tinha como objetivo a construção de um modelo em escala real da técnica escolhida e a confecção de pranchas no formato A3 com explicações sobre a técnica, perspectivas do modelo e suas diversas camadas, orçamento do material utilizado e um relatório das etapas de construção.

Num primeiro momento, foi realizado um estudo e revisão bibliográfica, além da busca em acervo iconográfico de material para elaboração e desenvolvimento do exercício proposto. O repertório teórico e prático obtido foi adotado para a elaboração do projeto de produção do protótipo da técnica construtiva, para a execução do memorial descritivo e para a montagem do próprio modelo em escala real. Dentre os manuais encontrados na busca para referências têm-se como destaque o *Manual de quincha pré-fabricada para maestros de obra* de Arriola e Tejada (2008), o *Cómo construir viviendas de quincha mejorada* de Rodríguez (2009), e o *Manual de construcción con bambú* de Hidalgo (1981).

Num segundo momento, após o estudo e compreensão da técnica iniciou-se a construção do modelo, como a elaboração de uma moldura de 1,80 metros de altura por 0,60 metros de largura, a qual foi dividida em três partes, no sentido de sua altura, de modo que o bambu pudesse ser trançado por entre essas divisões. Quanto ao bambu foram utilizados de 2,5 centímetros de diâmetro aproximadamente, sendo divididos em seis partes com o auxílio de uma faca radial e depois foram retirados os fiapos e nós. O entramado foi feito intercalando os bambus nas ripas da moldura e, para maior fixação, foram amarrados com arame. Abaixo seguem a figura 1 que retrata a moldura, o entramado de bambu, as camadas de preenchimento de barro e revestimentos, a figura 2 que retrata o corte do bambu com auxílio da faca radial, a figura 3 que demonstra elaboração do entramado de bambu, a figura 4 que demonstra a fixação do bambu com uma das divisórias realiza na moldura, com uso de arame.



Figura 1 – Sequência esquemática das camadas constituintes do protótipo – Modelo Digital.
Fonte: Acervo pessoal.



Figura 2: Corte com faca radial.
Fonte: Acervo Pessoal.



Figura 3: Elaboração do entramado de bambu.
Fonte: Acervo Pessoal.



Figura 4: Fixação com arame. Fonte: Acervo Pessoal.

Na preparação do barro, primeiramente, foram feitos testes com a terra que ia ser utilizada. A proporção foi de 1 medida de areia para 3, 4 ou 5 de terra mais a medida total equivalente a quantidade de palha adicionada. Tal teste mostrou que a proporção de 1 de areia para 4 de terra e 5 de palha era a mais adequada, visto que apresentava menos fissuras. Essa primeira camada de preenchimento foi aplicada com as mãos.

A seguir, foram aplicadas três camadas de revestimento no modelo de modo a se adicionar cal e diminuir a quantidade de terra. Sendo assim, a primeira camada de revestimento foi utilizada a proporção de 3 medidas de areia para 4 medidas de terra, a segunda camada teve a proporção de 3 medidas de areia para 1 medida de cal e 1 de terra e, a última camada, foi feita com 2 medidas de areia para 1 de cal. Essas camadas foram aplicadas com instrumentos como colher de pedreiro e desempenadeira devido a adição da cal e para um melhor acabamento. A seguir são apresentadas a figura 5 que mostra o entramado de bambu, a primeira camada de barro e as três camadas de revestimento e a figura 6 que retrata o modelo finalizado do protótipo em escala real.



Figura 5: Camadas – Modelo Protótipo em Escala Real
Fonte: Acervo Pessoal.



Figura 6: Modelo Finalizado
Fonte: Acervo Pessoal.

2. CONSTRUÇÃO COM TERRA

As construções com terra têm origem desde a época pré-histórica e ao longo dos anos sofreram grande expansão e influência, através das invasões e colonizações por diversas culturas. A partir da segunda metade do século XIX, com o processo de industrialização em crescimento, a construção civil passou a empregar elementos industrializados, como o cimento e cal, em substituição a construção com terra, que teve sua utilização reduzida. Atualmente, a terra é utilizada como material para construção de residências, de forma mais restrita, em áreas periféricas das cidades e em áreas rurais, demonstrando o papel de destaque que ainda possui quando referente ao desenvolvimento de assentamentos humanos, uma vez que possibilita a facilidade de acesso, baixo custo e eficiência econômica e energética, garantindo as necessidades de habitação de caráter social às populações excluídas do mercado formal de habitação.

As técnicas de construção com terra têm aperfeiçoado com o passar dos tempos conforme sofrem transformações e adaptações, sob a influência do conhecimento adquirido através das investigações e das práticas, além do meio socioeconômico e cultural onde estão inseridas. Ainda, é possível destacar a ampla diversidade de tecnologias construtivas com terra, variáveis de região para região, com particularidades e semelhanças, que somadas a outros fatores como clima, atividade econômica e a localização geográfica, asseguram uma variedade em suas resultantes estruturais, arquitetônicas e materiais empregados. Dentre as possibilidades das diferentes técnicas encontra-se a família do entramados ou técnica mista, a exemplo tem-se a *quincha*.

3. TÉCNICAS MISTAS

Para esse trabalho, vale mencionar que a *quincha* é considerada como um sistema construtivo dentre as técnicas mistas, nomenclatura utilizada no manual PROTERRA 'Técnicas de construção com terra' organizado por Neves e Faria (2011). As técnicas mistas, essencialmente, são os sistemas construtivos em terra, que envolvem um sistema estrutural, por vezes chamado de entramado, e preenchimento com revestimento de terra ou barro. Segundo Garzón (2011), as técnicas mistas possuem uma grande diversidade na Ibero-américa, contando principalmente com o uso de materiais regionais e da prática construtiva cultural de certas regiões. Atualmente, além da utilização dos recursos naturais em sua composição, dispõe de outros recursos industriais que tentam de alguma forma aprimorar esses sistemas construtivos de técnicas mistas.

De forma geral, esses tipos de técnicas possuem em sua composição uma estrutura mestra, que pode ser confeccionada de madeira ou bambu, auxiliada por camadas de preenchimento e revestimento, que podem ser utilizados diversos materiais e técnicas que variam de acordo com a cultura regional, o local e o material disponível, indo desde terra, palha, elementos essencialmente naturais, até alguns componentes industriais como areia e cal.

A estrutura principal conta com uma separação entre estrutura mestra e secundária, sendo que a primeira corresponde ao suporte estrutural da técnica e a segunda ao suporte do elemento que irá estruturar o preenchimento em barro. Algumas técnicas contam com o sistema clássico de viga e pilar de madeira como estrutura principal, mas podem se enquadrar também como entramados mais leves de bambu ou ainda inseridos em uma lógica de pré-fabricação, que contam com painéis para a construção da vedação total.

Já o enchimento do entramado "se comporta como uma 'pele' e, como tal, oferece certo grau de isolamento térmico, além de regular as mudanças hidrotérmicas entre o meio exterior e o ambiente interior da edificação" (Garzón, 2011, p.65). O barro, matéria do enchimento, é composto essencialmente por terra e outras adições como fibra, variando de acordo com cada técnica e tipo de terra. Desta forma, uma vez que o barro não tem função estrutural, as técnicas mistas comportam a utilização dos mais variados tipos de terra, principalmente quando comparada com outras técnicas de construção com barro. Assim, por um lado oferece maior variante de técnicas e materiais, por outro se restringe a algumas peculiaridades de cada tipo de terra, por ficar a mercê principalmente das características

granulométricas e plásticas de sua composição, o que interferem diretamente no manuseio e na estética dos resultados, de modo que a “composição granulométrica das terras apropriadas para o enchimento das técnicas mistas deve conter grãos finos e uma porcentagem de argila suficiente para dar plasticidade à mistura, uma boa ligação com as fibras e com o entramado” (Garzón, 2001, p. 65).

Atentando que a proporção da presença das três faixas granulométricas básicas – areia, silte e argila – variam de acordo com a especificidade de cada técnica mista, por depender primordialmente da terra utilizada, além dos materiais adicionados a ela, lembrando que a terra com muita argila pode apresentar grandes fissuras após a secagem, mas pode ser corrigida com a presença da areia ou da adição de palha fina. Do mesmo modo que, na ausência de argila, adicionam-se outros materiais que aumentam a coesão da mistura com a estrutura.

4. QUINCHA

A quincha, segundo definição do PROTERRA⁵, “constitui uma técnica mista pertencente à família dos entramados, composta por uma armação estrutural (de madeira ou bambu) preenchida com terra ou barro em estado plástico, a qual é adicionada fibras vegetais.”. O termo *quincha* provém do *quechua* que quer dizer “cerca ou entramado de madeira ou bambu”.

Muito utilizada no Peru, a *quincha*, que constitui uma das técnicas tradicionais para construções existentes – como demonstram os restos do sítio arqueológico de Caral, se apresenta como uma ótima resposta a questões geográficas do país, assim como retratado na tese *Características sísmicas de las construcciones de tierra en el Perú. Contribución a la enciclopedia Mundial de Viviendas* das autoras Gutierrez e Manco (2006). A princípio as construções peruanas eram fortes e maciços de ladrilhos e pedras, entretanto, pelo fato do Peru encontrar-se em região de instabilidade sísmica, as construções não resistiam e logo sediam, ao passo que as construções com *quincha*, devido a capacidade de obter painéis mais delgados e leves, além da maior plasticidade do material, suportavam maiores impactos.

Os exemplos da construção com *quincha*, no Peru, encontram-se na produção de igrejas. Dentre elas a Igreja de Santo Domingo foi a primeira empregar a abóboda entramada de madeira, bambu e cal, para substituir o telhado artesanal deteriorado pelos terremotos e a Igreja dos Desamparados, 1696, foi a primeira construção concebida integralmente com *quincha*. Atualmente, a *quincha*, em decorrência do tempo, do emprego e avanço tecnológico, apresenta diferentes soluções, como a *quincha* rústica, a elaborada e a pré-fabricada.

Como uma forma e resultado de industrialização da técnica tem-se a *quincha mejorada* ou pré-fabricada que é um sistema construtivo que permite a modulação e racionalização da técnica antes artesanal através de painéis emoldurados com madeira onde se fixam entramados de bambu gerando superfícies que recebem as camadas de barro e revestimento.

5. MANUAL

No desenvolvimento do protótipo de *quincha*, principalmente na busca de referencial teórico e iconográfico para o desenvolvimento do projeto de produção do modelo, notou-se que apesar do crescente estudo acerca do desenvolvimento e aprimoramento de técnicas construtivas em terra e outras que fujam do convencional produzida no meio construtivo brasileiro, a disponibilidade de materiais em língua portuguesa que tratam propriamente do modo de construção em *quincha* é relativamente reduzido. De modo a indicar uma possível baixa disseminação da técnica no meio didático de graduação no Brasil.

Apesar da semelhança com outras técnicas mistas como a taipa de mão, a *quincha* apresenta especificidades que envolvem, como já citado, o tipo de terra usada, o tratamento e utilização dos materiais, caracterizando o aprimoramento desta técnica, que leva em consideração o modo de ver e aplicar esses materiais – principalmente a terra e o bambu –

por certas regiões onde ela é empregada. Deste modo, se faz pertinente propor um debate onde os aspectos desta arquitetura que tem a terra e o bambu como elemento de identidade seja fonte de conhecimento e gerador de questões para a construção arquitetônica atual.

Surgindo, nesse ponto, o interesse em desenvolver, a partir da experiência vivenciada, um material que pudesse ser usado como um manual didático para a construção de um protótipo em *quincha*, além servir de base para participar da recorrente construção do diálogo entre os estudantes interessados em técnicas construtivas alternativas e o desenvolvimento atual de pesquisar e aprimorar as construções em terra.

Assim, propõe-se que o Projeto de Produção do protótipo em escala 1:1 de uma vedação em *quincha*, um dos produtos da disciplina citada anteriormente, seja acrescentado às informações e etapas de como produzir o modelo. De modo que os conjuntos de dados que constituem o manual dispõem de desenhos técnicos do protótipo com medidas e diagramas de montagem, lista de materiais, etapas do processo, e informações gerais sobre a técnica com indicações de referência para melhor entendimento do sistema construtivo em terra. O formato atual da divulgação desse material é em pranchas em formato A3, entretanto prevê-se um refinamento na forma de exibição para que o material possa ser divulgado, em conjunto a fotos e vídeos do processo da disciplina, em meio eletrônico até o final de julho de 2014.

O resultado esperado é que essas informações disponibilizadas, quando em conjunto, poderiam ser usadas para formar um repertório inicial para conhecimento em Técnicas Mistas, e subsídio, tanto em desenhos técnicos quanto noção de materiais, para a construção deste modelo, ou seja, para a confecção de um painel de vedação em *quincha* de 1,80 metros de altura por 0,60 metros de largura. Entende-se que a possibilidade de entrar em contato prático com a técnica *quincha*, possa existir um caráter educativo e estimulador de conhecimento.

6. CONCLUSÃO

Através do exercício proposto na disciplina de Tecnologia das Construções II-A foi possível um primeiro contato com o sistema construtivo de técnica mista - *quincha*, que permitiu, num segundo momento, uma busca em referencial teórico e aprofundamento no assunto.

Em sequência, entendeu-se que a *quincha*, uma técnica mista de construção composta por um entramado de bambu e preenchida e revestida com barro, pode ser tomada como um patrimônio, a partir do momento em que é capaz de constituir uma identidade Latino-americana. Para tanto, reconhece-se a necessidade e importância da técnica ser difundida e apreendida em outros países, dentre eles o Brasil. Ainda, como já citado, através da busca de referencial e material para a realização do trabalho, foram encontrados, na sua grande maioria, publicações na língua espanhola, além de ser perceptível a falta de divulgação da técnica, constatando, assim, a necessidade de elaboração de material didático em língua portuguesa que tem como principal objetivo auxiliar a difusão do sistema construtivo no Brasil.

Como mais um destaque, para implementação e expansão da técnica no país, compreende-se sua relevância quando referente ao desenvolvimento de assentamentos humanos, pela facilidade de acesso aos materiais utilizados – bambu e terra, que possuem baixo custo e eficiência econômica e energética, garantindo as necessidades de habitação de caráter social, além de proporcionar um melhor conforto térmico aos usuários.

Nesse sentido, o Manual proposto vem como recurso didático fornecendo uma base teórica com intenção de despertar o interesse, a vontade de procurar informações e conhecer mais sobre as técnicas mistas com terra, além de questionar os modelos de construção arquitetônica atuais mais acessíveis, conhecidos e usuais, como alvenaria e concreto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARRIOLA, Viviana; TEJADA, Urbano. Manual de quincha pre-fabricada para maestros de obra - Elaboración de paneles y proceso constructivo. Centro de Investigación Documentación y Asesoría Poblacional - CIDAP. Lima, julho de 2008.

GARZÓN, L. E. Técnicas mistas. In: Técnicas de construção com terra. Bauru, SP: FEB-UNESP/PROTERRA, 2011. p. 62-71. Disponível em <<http://www.redproterra.org>>. Acessado em junho de 2014.

GUTIERREZ, L; MANCO, M. Características sísmicas de las construcciones de tierra en el Perú. Contribución a la enciclopedia Mundial de Viviendas. TESIS PUCP. Lima, 2006.

HIDALGO, Oscar. Manual de construcción con bambú. Bogotá: Estudios Técnicos Colombianos Ltda. & Universidade Nacional da Colombia, 1981.

NEVES, Célia; FARIA, Obede Borges (Org.). Técnicas de construção com terra. Bauru, SP: FEB-UNESP/PROTERRA, 2011. 79p. Disponível em <<http://www.redproterra.org>>. Acessado em junho de 2014.

RODRÍGUEZ, Luis. Cómo construir viviendas de quincha mejorada. Lima: Soluciones Prácticas-ITDG, 2009.

VIÑUALES, G.; NEVES, C; FLORES, M; RIOS, L. Arquitecturas de tierra de Iberoamérica. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo CYTED. 2003.

NOTAS

¹ Estrutura lamelar de madeira é obtida com elementos denominados lamela, que se interligam, compondo uma malha em X, losangular, que compõe um desenho tridimensional em arco, formando de abóboda de berço.

² *Drywall* são painéis de vedação vertical constituídos de placas de gesso pré-fabricado, fixadas em uma estrutura de metal leve.

³ *Wood frame* são painéis estruturais compostos por perfis madeira em conjunto com diferentes placas de fechamento, como gesso, compensado OSB, placas cimentícias, etc.

⁴ *Steel frame* são painéis estruturais compostos por perfis leves de aço em conjunto com diferentes placas de fechamento, como gesso, compensado OSB, placas cimentícias, etc.

⁵ Definição disponível em: http://redproterra.org/index.php?option=com_glossary&func=display&letter=Q&Itemid=18&catid=7&page=1 Acesso em outubro de 2013.

AUTORES

Aline Ayami Kobayashi, graduanda em Arquitetura e Urbanismo, com ingresso em 2011, pelo Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (IAU-USP). Desenvolveu uma pesquisa de iniciação científica em 2013/2014 junto com o Grupo de Pesquisa em História da Cidade, Arquitetura e Paisagem (URBS), intitulado A Circulação de Concepções de Planejamento Regional Entre Brasil e Estados Unidos em Periódicos Especializados nas Décadas de 1940 e 1950.

Giovana de Carvalho Marchesin, graduanda ingressa no ano de 2011 em Arquitetura e Urbanismo, pelo Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (IAU-USP). Desenvolveu pesquisa de iniciação científica em 2012/2014, junto ao Laboratório de Estudos do Ambiente Urbano Contemporâneo (LEAUC), com o título Novas Configurações da Espacialidade Urbana Privatizações e Transformações do Interior Paulista – São José do Rio Preto / SP

Paul Newman dos Santos, graduando ingresso em 2011 no curso de Arquitetura e Urbanismo pelo Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (IAU-USP). Membro do Núcleo de Apoio à Pesquisa em Estudos de Linguagem em Arquitetura e Cidade, (N.ELAC) e Integrante do Projeto de Extensão intitulado Patrimônio Arquitetônico, Design e Educação: Desenvolvimento de Sistemas Interativos Lúdicos, que tem como objetivo estimular o conhecimento sobre os edifícios de valor arquitetônico, histórico e cultural do Município de São Carlos, por meio da manipulação de Sistemas Interativos.

A CRIANÇA E A CONSTRUÇÃO COM TERRA: CONTOS E ENCANTOS DA CIDADE

Rosana Soares Bertocco Parisi¹; Esther Aparecida Cervini²; Kátia Maria Pacheco Saraiva³; Ludmilla Francisca Duarte⁴; Milena Martins de Ávila⁵

PUC-Minas, campus Poços de Caldas, MG

Instituto de Ciências Sociais, Departamento de Arquitetura

¹rosanaparisi84@gmail.com; ²esthercervini@uol.com.br; ⁴dludmillafrancisca@yahoo.com.br; ⁵mi_alterosa@hotmail.com
Departamento de Psicologia, ³katiasaraiva@pocos-net.com.br

Palavras-chave: crianças, idosos, memórias, contos, patrimônio

Resumo

Talvez, devido à falta de tempo, um dos problemas contemporâneos, em pleno século XXI, a sociedade vem se distanciando de suas origens. Em particular, as crianças não são estimuladas a conhecer o passado do meio em que vivem, tendo, estas, histórias que contribuíram não só para a construção e evolução das cidades, mas também para a constituição da identidade cultural. Com objetivo de enriquecer as experiências infantis, este artigo busca apresentar métodos de pesquisa e resultados através de experiências lúdicas que contemplam o emprego das tintas à base de terra, em oficinas e visitas de reconhecimento e atividades de educação ambiental e patrimonial.

O trabalho é desenvolvido há três anos em Poços de Caldas-MG, envolvendo alunos da Arquitetura e Urbanismo e da Psicologia da PUC-Minas, campus de Poços de Caldas, crianças da Escola Criativa Idade e do Lar Criança Feliz, assim como idosos que, vinculados às mesmas por laços de parentesco ou proximidade, participam de práticas que integram a terra. As atividades, de natureza essencialmente lúdica, desenvolvem-se visando a confecção de tintas à base de terra pelas crianças e idosos e sua posterior utilização em desenhos que farão parte de um livro de histórias a ser posteriormente confeccionado. Para o desenvolvimento da proposta, dinâmicas semanais ocorrem dentro da escola Criativa Idade e do Lar Criança Feliz ou em locais da cidade que, de alguma maneira, possuem importância histórica, cultural ou sentimental para os envolvidos. Via de regra, os idosos, parentes ou conhecidos contam para as crianças suas histórias, suas lembranças sobre a cidade e sobre acontecimentos passados. A partir desse conjunto de histórias orais, as crianças elaboram desenhos e depois suas pinturas com as tintas à base de terra. Em seguida, reescrevem, sob sua ótica, as histórias ouvidas, conjunto que subsidiará a produção do livro, baseando-se na visão pessoal de cada uma das crianças sobre a cidade e os locais que um dia tiveram significativo papel em seu processo de transformação. Acredita-se que dessa maneira, procurando valorizar aspectos da história local e história oral por vezes perdidos com as práticas que envolvem a terra, essas crianças possam agregar em sua formação valores desprezados ou esquecidos na contemporaneidade.

1. INTRODUÇÃO

O projeto 'A criança e a construção com terra: Contos e encantos da cidade' é desenvolvido como a 3ª etapa de um projeto que acontece há três anos em Poços de Caldas-MG, envolvendo professores e alunos do curso de Arquitetura e Urbanismo da PUC-Minas, campus Poços de Caldas e procura estabelecer reflexões relacionadas ao meio ambiente, sustentabilidade e preservação do patrimônio edificado. Conta com a parceria da escola Criativa Idade e do Lar Criança Feliz, onde são realizadas, semanalmente, oficinas com a produção ou emprego de tintas à base de terra, visando a integração entre as instituições envolvidas e a aproximação de crianças pertencentes a realidades socioculturais diversas.

Tem-se como objetivo conscientizar a comunidade através de pinturas que valorizam aspectos da história local e oral, por vezes perdidos, relatados por idosos, parentes ou conhecidos, que articulam palavras para expressar lembranças, costumes e modos de viver. Esta proposta foi idealizada para que, através de seu desenvolvimento, fosse possível a sensibilização, a valorização e o resgate do patrimônio imaterial poços-caldense.

Pretende-se registrar ao final, através da produção de um livro de histórias e memórias locais, relatos do ponto de vista desses pequenos cidadãos sobre os testemunhos ouvidos, estimulando a percepção para uma abordagem da educação ambiental e patrimonial, através da concepção artística desenvolvida com o emprego de técnicas naturais e sustentáveis.

2. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO E METODOLOGIA

Tonetta e Assis (2006, p. 57-58) afirmam que “é muito importante para as crianças o fato de poder observar e explorar o meio ambiente com curiosidade, percebendo-se como seres integrantes, dependentes, transformadores e, acima de tudo, que têm atitudes de conservação”.

Caminhando por essa linha, o desenvolvimento desse projeto pauta na apresentação de alternativas não convencionais e naturais, como a produção das tintas confeccionadas à base de terra, tema trabalhado junto às crianças com descontração e estímulo. Todas as etapas do processo são muito bem definidas para que haja percepção, compreensão e internalização do mesmo. São elas: observação, registro, exploração e apropriação das histórias contadas. Isto faz com que a criança, em uma dinâmica de conhecimento, apropriação e valorização do patrimônio, aprenda a ler o mundo que a rodeia e descubra a realidade cultural em que está inserida.

Inicialmente foram convidados moradores antigos do centro de Poços de Caldas e do bairro São José, locais onde estão instalados a Escola Criativa Idade e o Lar Criança Feliz, adeptos ao compartilhamento de suas experiências. Essas atividades, organizadas em oficinas, desenvolvem-se a partir da seguinte metodologia:

- a) Moradores do centro da cidade e do bairro São José convidados, presentes na oficina, são apresentados e, em seguida, as crianças formulam perguntas acerca de aspectos da cidade, de espaços urbanos centrais, ou da ocupação do bairro, que sempre são respondidas pelos convidados em forma de histórias. Tais momentos são denominados como da ‘contação de histórias e memórias’.
- b) Após essa atividade, os envolvidos passaram a desenhar os fatos ou momentos que mais chamaram a atenção durante a contação de histórias.
- c) Na oficina seguinte, as crianças finalizam seus desenhos com o emprego das tintas de terra preparadas por elas mesmas.
- d) Por último, em outra oficina, esses envolvidos, já de posse de seus desenhos e rememorando os acontecimentos das oficinas anteriores, são instigados a escrever, em forma de relatos, de histórias ficcionais ou poesias sobre todo o processo.

A partir do conjunto de desenhos obtido e das “histórias” e poemas recontados pelas crianças, as duas entidades envolvidas estão organizando o material que será utilizado para a produção de um livro a ser lançado no final do ano de 2014. A diagramação, composição e criação do exemplar é uma atividade em processo de realização pelos acadêmicos envolvidos e alguns voluntários do Curso de Arquitetura e Urbanismo.

Delinea-se assim, um foco, o reforço ou a redescoberta de uma memória afetiva nas crianças. Estas se mostraram interessadas, discutindo e questionando como era a cidade, surpreendidas ao perceberem a evolução de Poços de Caldas e a transformação de sua paisagem. A curiosidade observada torna-se um convite para investigação ao mundo, desperta o interesse por algo, introduz a exploração e instiga a busca por respostas (figura 1).

Na medida em que se estimula o interesse da criança, é possível desenvolver níveis de sua experiência pessoal e social. Isso ajuda a construir suas descobertas, além de desenvolver e enriquecer sua personalidade, aprendendo a assumir atitudes mais criativas, reflexivas e participativas, e, portanto, mais saudáveis.



Figura 1. Encontros dos professores e acadêmicos da PUC, crianças da escola Criativa Idade e do Lar Criança Feliz com Dona Iolanda, Dona Geni, Dona Aparecia e Sr. Ludgero. (Créditos: Parisi, 2014)

O projeto em curso, o tempo todo, privilegia o contar histórias, o envolvimento dos alunos da Escola Criativa Idade e do Lar Criança Feliz com pessoas ligadas de alguma maneira, às suas atividades diárias, sejam parentes, sejam moradores de seu bairro ou da comunidade que, de alguma maneira, podem contar e reconduzir os envolvidos a períodos por vezes distantes, mas que relatam as transformações que os locais onde vivem sofreram até os dias atuais. Sobre o conto de histórias, “alguns aspectos essenciais precisam compor a performance do contador, como emoção, texto, adequação, corpo, voz, clima e memória”. (Sisto, 2005 apud Ramos, 2011, p.37-38). Sisto (2005, p.22) continua

além de o contador ter que pesquisar, estudar e treinar para a sua contação, ele precisa apresentá-la com naturalidade. A naturalidade implica segurança e simplicidade no desempenho. As artificialidades durante as falas e a atuação implicam a instabilidade do contador perante seu público

e garante que “quem conta tem que estar disposto a criar uma cumplicidade entre a história e o ouvinte, oferecendo espaço para o ouvinte se envolver e recriar”.

As histórias compartilhadas influenciam o senso criativo das crianças. A partir delas, é proposta a criação de desenhos e textos retratando espaços marcantes e significativos em seu cotidiano. O envolvimento em diversos momentos entre as crianças e os contadores pode ser observado na figura 2. Neste contexto,

nos rastros das histórias contadas, o contador terá compartilhado uma legião de palavras com outros corações causando infinitos efeitos em quem o escuta. E no brincar com a voz e o corpo, o contador vai equilibrando-se nas palavras e nas riquezas que a história presenteia, envolvendo o ouvinte, em idas e vindas a outros mundos, espaços dos quais, de certo, não hesitarão em voltar. Ramos (2011, p.47)



Figura 2. Encontros dos professores e acadêmicos da PUC, crianças da escola Criativa Idade e do Lar Criança Feliz com avós na escola Criativa Idade e com o Sr. Pedro Caiapó no bairro São José. (Créditos: Ávila, 2014)

No entanto, foi também possível observar em alguns trabalhos dedicados à formação das crianças na cidade, que

os desenhos de crianças de escolas particulares mostraram conhecimento e vivência em diversos locais, muitos distantes da casa; apresentaram como lugar de brincar: a Disney, o Hopi-Hari, a praia, sítios, a casa da vovó e o próprio quarto. As crianças que possuem melhores condições socioeconômicas não fazem uso do espaço público, não costumam caminhar pelas ruas da cidade. Não têm o tempo e a oportunidade de improvisar, criar, trocar, ideias, observar e receber os estímulos e os contatos que este ambiente público proporciona (Oliveira, 2004, p.174).

Geralmente, com as crianças das escolas públicas e de condições socioeconômicas menos favorecidas, a vida se desenvolve no embate com a cidade real; há, nos desenhos, a paisagem, as escadas, alguns postes, ônibus, carros e gente. Deve-se reforçar que as crianças ligadas a Escola Criativa Idade, que é uma escola particular, pertencem a uma classe social distinta daquelas que frequentam o Lar Criança Feliz, que estudam em sua maioria na Escola Municipal Presidente Washington Luis, no Jardim Santa Ângela, vizinho do Bairro São José onde residem.

No que diz respeito à elaboração dos desenhos, estes são realizados em papel canson, com tintas não convencionais, todas produzidas a partir do emprego de terra, água e a cola branca. A fórmula para a produção dessas tintas foi desenvolvida por Carvalho (2009) e equipe, disseminada através da cartilha Cores da Terra. Algumas vezes são adicionados no processo de preparo da tinta, pigmentos do tipo “pó xadrez” para a obtenção de novas cores. Porém, na maior parte das vezes, utilizam-se as tintas com a pigmentação original da própria terra que é bastante diversificada. As terras utilizadas são coletadas, geralmente, pelas próprias crianças, nas imediações de suas casas ou nos espaços onde estão instaladas as duas escolas envolvidas ou da universidade parceira.

As crianças produzem as tintas em pequenas porções, em uma quantidade que é suficiente para ser utilizada durante cada oficina. Apesar de parecer mais trabalhosa a confecção da tinta por várias vezes, a mesma é enriquecedora, na medida em que as crianças fixam o que aprenderam, experimentam solos diferentes e ao final, como há terras diferentes, partilham com seus colegas cores diversas produzidas, estimulando-se também a cooperação entre os participantes envolvidos (figura 3).



Figura 3. Confecção da tinta e elaboração de desenhos na escola Criativa Idade e no Lar Criança Feliz. (Créditos: Parisi, 2014)

Na busca pelo incentivo à importância da leitura e escrita, no decorrer de uma das oficinas, apresentou-se a ideia da elaboração de uma história de ficção, ou de uma poesia, na qual as próprias crianças envolvidas fossem os personagens, relatando assim, através de contos e desenhos, o que foi aprendido com as histórias ouvidas. Posteriormente, também estes trabalhos serão apresentados no livro proposto já mencionado.

Para a divulgação do livro pretende-se realizar uma oficina de pintura em um muro da cidade com a participação das famílias das duas escolas envolvidas, uma vez que a divulgação da produção desse, além de valorizar a participação das crianças e de seus familiares, poderá estimular a curiosidade dos transeuntes sobre o projeto e a atividade em curso. A figura 4 mostra outras atividades coletivas já realizadas anteriormente que serviram de grande estímulo para os envolvidos, ao mesmo tempo em que produziram curiosidade entre turistas e moradores da cidade que transitam pelo local. As imagens flagradas dizem respeito ao momento em que as crianças das duas escolas envolvidas produziram a pintura mural da Praça dos Imigrantes, no centro de Poços de Caldas, durante o 2º. Semestre do ano de 2013.

A Praça dos Imigrantes, localizada no coração de Poços de Caldas, situa-se junto da antiga e desativada Estação Ferroviária local, que é um lugar carregado de histórias e memórias que fazem parte da formação do núcleo urbano original da cidade.



Figura 4. Processo de pintura e finalização da pintura mural da Praça dos Imigrantes, no centro de Poços de Caldas. (Créditos: Ávila, 2013)

O trabalho realizado é até hoje local de encantamento, de contemplação para os transeuntes e visitantes que por ali circulam diariamente. Por isso mesmo, entende-se que envolver a família, os contadores de histórias e as crianças em uma atividade coletiva, pode tornar ainda mais gratificante o trabalho em curso.

Além disso, desejando mobilizar a sociedade e produzir a divulgação e enriquecimento do projeto, pretende-se, futuramente, expor totens que recontem segmentos das histórias contadas, também confeccionados a partir das tintas de terra, em pontos estratégicos da cidade. A ideia dessa estratégia é que, reconhecendo fragmentos da história da cidade, os cidadãos possam incrementar suas próprias vivências, transformando efetivamente essa proposta como resultado de uma construção coletiva da comunidade.

A consequência que se espera de todos os momentos investigativos é a descoberta. É essa que potencializa o transformar da personalidade das crianças, possibilitando que cresçam e vejam o mundo sob outra ótica, não apenas aquilo que lhes é claro e óbvio. É na descoberta que surge o sentimento de pertencimento do objeto investigado. Mas as descobertas estão associadas ao impulso de compartilhá-las. É o processo de compartilhamento que se caracteriza como apropriação. A apropriação é entendida como o momento de produção, onde a criança, repleta de novas informações, interpreta, reconstrói, se expressa livremente, e divide as suas experiências com o mundo, podendo até sugerir mudanças.

Observa-se, na figura 5, fragmentos dessas atividades de desenho e pintura concluídos pelas crianças. Para os envolvidos, cada um dos desenhos e pinturas confeccionado é revestido de um significado especial, único e abrangente.

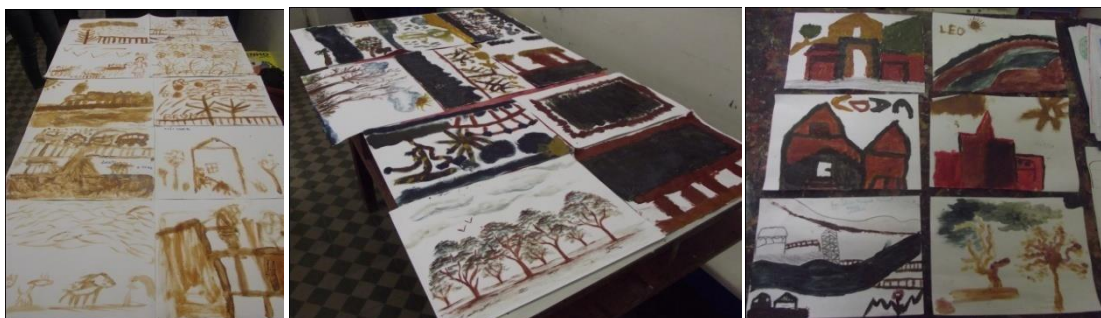


Figura 5. Desenhos finalizados que serão arquivados no livro. (Créditos: Parisi, 2014)

De acordo com Lima (2007, p. 1),

a arte, através da música e das artes plásticas, por exemplo, assim como o tipo de economia, modos de sobrevivências, etc., é componente que

constitui a cultura de um povo. Esses elementos são todos importantes na educação e no desenvolvimento humano. A arte pode oferecer oportunidades de reflexão, questionamento, conhecimento e entendimento quanto expor a riqueza da grande diversidade cultural da espécie humana. O desenvolvimento e a contextualização histórica dos componentes culturais através da arte podem ajudar a compreender as inquietações humanas, contribuindo para o fortalecimento do sentimento de pertencimento ao grupo e do potencial criativo.

Apesar de este não ser um trabalho pioneiro com crianças, acredita-se cada vez mais que tenha importância pela forma como é desenvolvido. Da mesma maneira que a equipe da PUC-Minas, universidade envolvida neste projeto, aprende e compartilha a experiência da pintura à base de terra a partir dos trabalhos realizados por Carvalho (2009), junto da Universidade Federal de Viçosa, outras experiências da mesma natureza são realizadas em outras regiões do Brasil, envolvendo as crianças e a pintura com terra. Como por exemplo, a pintura da base de uma cisterna instalada em uma escola no município de Atalanta, em Santa Catarina, que, em 2012, recebeu a pintura com tintas de terra conforme depoimento do extensionista Leonir Claudino Lanznaster da Epagri (Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina), apresentado durante uma reportagem da Rede Bela Aliança de Televisão de Rio do Sul, SC (2012): “é uma técnica bastante simples, exige um cuidado com a questão da coleta do solo, preparo do solo. O nosso objetivo não é apenas estar pintando, mas também uma questão educativa de a criança ter esse contato com a terra”.

Tão rico e significativo é também outro trabalho realizado na cidade de Monte Alegre do Sul, no interior paulista, que envolve a Fundação Pró- Memória, a Prefeitura e as escolas de ensino fundamental¹. Desde 2005, passaram pela Fundação algumas centenas de crianças e adolescentes, estimulados através de diversas maneiras, a produzir um trabalho criativo e envolvente, tais como pintura, prospecção arqueológica, reprodução de edificações singulares que pertencem à história local, através da elaboração de maquetes em que se empregam os mesmos materiais que outrora foram utilizados, como a taipa de pilão, a taipa de mão e a cantaria.

Durante visita ao local no dia 20 de março de 2014, como forma de buscar novas estratégias de ensino-aprendizagem que alimentem o projeto em desenvolvimento em Poços de Caldas, os representantes da referida Fundação foram questionados sobre o legado que tais práticas vêm deixando para as crianças que do mesmo participaram. A resposta foi surpreendente: “em sua maioria, todos voltam para mostrar aos novos amigos, ou para seus (suas) namorados ou familiares com orgulho parte do trabalho que um dia realizaram e que marcaram suas vidas”. Além disso, em depoimento à equipe envolvida no trabalho ora apresentado, o professor Pastana Lima (2014), reforçou que alguns desses participantes hoje estão em programas de intercâmbio como o ‘Ciências sem Fronteiras’ ou em trabalhos de iniciação científica em universidades públicas e privadas que frequentam e sempre estabelecem interlocuções de suas pesquisas atuais com as práticas extensionistas vivenciadas durante a infância (figura 6).



Figura 6. Trabalhos desenvolvidos com crianças pela Associação Pró-Memória de Monte Alegre do Sul. (Créditos: Parisi, 2014)

Entende-se assim que trabalhos com crianças e adolescentes devem ser constantes, já que colaboram para um aprendizado não convencional e mais próximo da natureza, da paisagem da cidade, para outra forma de ver, entender e compreender a cidade.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente artigo diz respeito a terceira etapa do projeto de extensão 'A criança e a construção com terra'. Durante a primeira fase de seu desenvolvimento, o projeto procurou sensibilizar professores e alunos sobre o uso da terra como material de construção, demonstrando-lhes como podem ser empregadas as tintas à base de terra, tanto em papéis quanto em paredes, despertando nos alunos uma reflexão sobre o resgate e a preservação do patrimônio cultural, reconstituído através de atividades lúdicas. Na etapa atual, foram realizadas palestras, oficinas e visitas às moradias de alguns dos contadores de histórias, e o resultado obtido até agora foi gratificante, observando o quão interessadas as crianças ficaram. Sempre ao final de cada oficina, as crianças recebem um 'carômetro' que completam e externam sua satisfação, ou não, pela atividade proposta. O número de retornos positivos é consideravelmente maior que os negativos. Ao mesmo tempo, quantidade de informações obtidas através das contações de história, tanto pelas crianças quanto pelos alunos extensionistas e professores envolvidos é significativa.

O objetivo desse artigo é apresentar um projeto onde há o envolvimento de crianças através de uma metodologia que resgata o conhecimento de fragmentos da história de Poços de Caldas por meio da 'contação de histórias', produção de desenhos, confecção de tintas e a elaboração de um livro de história. Percebe-se que, através de projetos dessa natureza, crianças e adolescentes podem ser conscientizadas para ver, como também de maneira simbólica, para perceber a cidade. Esta é uma capacidade cada vez mais necessária à vida cultural do mundo contemporâneo.

Dessa forma, acredita-se que ao estimular as crianças e adolescentes seja possível fazer com que, paulatinamente, observem, sintam e vivenciem a cidade de uma maneira diferente, mais comprometida e quem sabe, mais apaixonada. Capra (2007) afirma que "difícilmente existe algo mais eficaz do que a arte para desenvolver e aperfeiçoar a capacidade natural da criança de reconhecer e expressar padrões". Sendo assim, ao reconhecer nas histórias ouvidas os fragmentos da cidade, recontextualizando-os ou retirando-lhes as 'marcas e disfarces' impregnados ao longo do tempo, a criança revaloriza e resgata nos testemunhos ouvidos o verdadeiro significado da memória da cidade. E ainda, ao desenhar e pintar com a tinta de terra locais da cidade esquecidos pelo tempo, os cantos e recantos da paisagem urbana ganham vida tornando-se mágicos, sedutores e muito mais presentes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CAPRA, F. (2007). Alfabetização ecológica. A educação das crianças para um mundo sustentável. São Paulo: Editora Cultrix.
- CARVALHO, A. F. (org.).(2009). Cores da terra: fazendo tinta com terra! Cartilha produzida pelo Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa. Viçosa: UFV
- LIMA, E. H. M. (2007). A arte-educação no processo de ensino-aprendizagem através da cultura popular. In: I Congresso de Educação, Arte e Cultura, 2007. Santa Maria: Laboratório de Artes Visuais - Centro de Educação. v1. p.1-13.
- LIMA, Roberto P. (2014). Depoimento oral ocorrido em Visita Técnica à Associação Pró-Memória de Monte Alegre do Sul. Monte Alegre do Sul, 20/03/2014.
- OLIVEIRA, C. M. A. S (2004). A formação da criança nas cidades. (Artigo baseado na tese de Doutorado O ambiente urbano e a formação da criança apresentada pela autora junto à Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da USP em 2002). Disponível em: <http://pediatriasaopaulo.usp.br/upload/html/1072/body/05.htm>. Acesso em 08/09/2014.

RAMOS, A. C. (2011). Contação de histórias: um caminho para a formação de leitores?. Dissertação (Mestrado em Educação). Universidade Estadual de Londrina. Centro de Educação, Comunicação e Artes. Disponível em: http://www.uel.br/pos/mestrededu/images/stories/downloads/dissertacoes/2011/2011_-_RAMOS_Ana_Claudia.pdf Acesso em 05/06/2014.

REDE BELA ALIANÇA DE TELEVISÃO (2012). Técnica de pintura com terra chega ao alto vale. Reportagem apresentada em 01/10/2012. Disponível em <http://www.rbatv.com.br/noticia-rban/tecnica-de-pintura-com-terra-chega-ao-alto-vale-5261> . Acesso em 07/09/2014.

SISTO, C. (2005). Textos e pretextos sobre a arte de contar histórias. Curitiba: Ed. Positivo, 2ª edição.

TOGNETTA, L. R. P.; ASSIS, O. Z. M. de (2006). A construção da solidariedade na escola: as virtudes, a razão e a afetividade. Educação e pesquisa. São Paulo, v. 32, n. 1, abr. 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br>>. Acesso em: 22/07/2014.

NOTA

¹ Projeto coordenado pelo historiador e arquiteto Roberto Pastana de Lima

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Extensão da PUC-Minas campus de Poços de Caldas, e às equipes de direção e coordenação da Escola Criativa Idade e do Lar Criança Feliz de Poços de Caldas, parceiros nesse projeto. Agradecimento especial ao Prof. Dr. Roberto Pastana de Lima, Presidente da Associação Pró-Memória de Monte Alegre do Sul-SP e membro da Superintendência de Patrimônio Histórico da Prefeitura Municipal de Amparo-SP, que recebeu a equipe do Projeto Extensionista 'A criança e a construção com terra' da PUC-Minas Poços de Caldas em visita ocorrida em 20/03/2014.

AUTORES

Rosana Soares Bertocco Parisi, Arquiteta e Urbanista (FAUPUCCAMP/1986), Mestre em Urbanismo Moderno e Contemporâneo (FAUPUCCAMP/2002), Doutora em Ciências da Engenharia Ambiental (EESC-USP/2008), Membro das Redes PROTERRA e TERRABRASIL.

Esther Aparecida Cervini, Arquiteta e Urbanista (FAUPUCCAMP/1989), Mestre em Artes Visuais UNESP/1990.

Kátia Maria Pacheco Saraiva, Psicóloga (Universidade Santa Úrsula,1991), Mestre em Psicologia Clínica. (PUC-RJ 1999).

Ludmilla Francisca Duarte, Acadêmica do Curso de Arquitetura e Urbanismo (PUCMINAS-Poços de Caldas/ 2013) e Bolsista de Projeto de Extensão Universitária (PUCMINAS-Poços de Caldas/ 2014).

Milena Martins de Ávila, Acadêmica do Curso de Arquitetura e Urbanismo (PUCMINAS-Poços de Caldas/ 2012) e Bolsista de Projeto de Extensão Universitária (PUCMINAS-Poços de Caldas/ 2013-2014).

FORÇAS, OPORTUNIDADES, FRAQUEZAS (DIFICULDADES) E AMEAÇAS NA SENSIBILIZAÇÃO, CAPACITAÇÃO E FORMAÇÃO DE MÃO DE OBRA NAS TÉCNICAS EM TERRA

Raymundo Rodrigues Filho

Oikos Conservação e Restauro. raymundo@oikos.arq.br

Palavras-chave: preconceito, habitação social, patrimônio arquitetônico

Resumo

Em 1983 no 4º *Simposio Internacional y Curso-Taller sobre la Conservación del Adobe*, ocorrido em Lima – Peru, são feitas menções sobre a necessidade de instituir cursos de formação intensiva no campo da conservação da arquitetura de terra, em centros de formação especializada. No 5th *International Meeting of Experts on the Conservation of Earthen Architecture*, realizado em 1987, na cidade de Roma – Itália, os representantes do CRATerre-ENSAG assumem o compromisso de instituir tais programas de formação na sede da Ecole de Architecture de Grenoble na França, responsabilidade compartilhada com o ICCROM, em virtude de Acordo de Colaboração assinado entre as três instituições. Essa movimentação teve reflexos na América Latina como um todo, e, em específico, no Brasil. Tendo em vista a lacuna existente, em decorrência do desconhecimento geral a respeito da importância desse conhecimento, aliado ao preconceito e do lobby dos monopólios dos materiais convencionais, a partir do ano 2000 iniciou-se um processo de formação de palestras e cursos com variadas durações pelo território nacional. O desejo inicial era oferecer compreensões mínimas no manejo das técnicas em terra, baseadas em práticas sustentadas por procedimentos científicos, na perspectiva de gerar facilitadores desde estudantes, profissionais de obra, comunitários, engenheiros, arquitetos, etc. Nesses 14 anos de tentativas em vários níveis, desde o mais informal até o institucional, foram sensibilizadas, capacitadas e formadas mais de 800 pessoas que pertencem ao universo social e profissional anteriormente descrito.

1. INTRODUÇÃO

Os fundamentos científicos e metodológicos que nortearam as atividades descritas a seguir foram absorvidos através da participação, na condição de aluno, no II Curso Pan-americano sobre a Conservação e Manejo do Patrimônio Arquitetônico, Histórico e Arqueológico de Terra - PAT 99 (figura 1), sob a égide das instituições: Getty Institute, CRATerre – Centro de pesquisas da arquitetura e construção com terra, laboratório da École Nationale Supérieure d'Architecture de Grenoble – ENSAG, International Centre for the Study of the Preservation and Restoration of Cultural Property – ICCROM e Instituto Nacional de Cultura de Peru – La Libertad - INC–LL, no sítio arqueológico de Chan Chan, localizado na cidade de Trujillo – Peru.

Essa formação, baseada em aspectos teóricos e práticos, nos fez perceber a necessidade, e possibilidades de reproduzir esse aprendizado junto a cursos de arquitetura, entidades e grupos comunitários.

Enquanto atividades demonstrativas e de formação, a necessidade da utilização de ferramentas de avaliação, se fez presente, assim, a adoção do método SWOT¹, foi uma maneira de perceber, coletiva e horizontalmente, os diversos momentos e desdobramentos das práticas desenvolvidas, e, servindo de referência para o planejamento das formações futuras. Segundo Fagionato (2013), análise SWOT é um exercício de reflexão, que ajuda descobrir oportunidades e ameaças, em qualquer tipo de atividade coletiva, de várias dimensões e complexidades, através das referências: forças, fraquezas (dificuldades), oportunidades e ameaças, levando em conta os fatores internos, externos, positivos e negativos.



Figura 1 – II Curso Pan-americano sobre a Conservação e Manejo do Patrimônio Arquitetônico, Histórico e Arqueológico de Terra - PAT 99

2. FORMAÇÃO

2.1. Oficina Prática no Manejo das Técnicas em Terra – Bairro do Souza – Monteiro Lobato – SP – agosto/setembro de 2000²

Atividade direcionada para moradores de Monteiro Lobato e região, com inscritos entre arquitetos, profissionais de obra e comunitários, e duração de 60 horas/aula. Foram trabalhadas as técnicas de terra palha, adobe, taipa de pilão, pau a pique, argamassas de assentamento e revestimentos, teto verde, manejo e utilização de bambú (figura 2).



Figura 2 - Oficina Prática no Manejo das Técnicas em Terra em Monteiro Lobato

2.2. Taller de Construcción con Tierra – Cursos de Verano – Centro Navapalos – Burgo de Osma – Espanha – julho de 2000³

Como parte das atividades oferecidas para estudantes durante o verão europeu, foram ministradas palestras e curso com duração total de 40 horas/aula, para estudantes e profissionais, colombianos, iuguslavos, italianos e espanhóis (figura 3). Foram praticados procedimentos de análise e seleção de solos e aplicadas as técnicas de BTC, adobe e argamassas para assentamento e revestimentos.



Figura 3 - Taller de Construcción con Tierra em Burgo de Osma

2.3. Projeto Demonstrativo – Centro Academico da Faculdade de Arquitetura – Universidade de Taubaté/UNITAU – Espaço Vicentina Aranha – São José dos Campos – SP – Junho de 2001⁴

Como parte da Semana da Arquitetura daquele ano, foram ministradas atividades com duração de 16 horas onde se abordou a dinâmica do projeto arquitetônico e possibilidades do uso da terra na construção civil.

2.4. Capacitação de Comunitários – Secretaria Municipal de Obras/Prefeitura de Resende – RJ – Associação de Moradores do Jardim Esperança – Resende – RJ - Setembro de 2001⁵

Facilitação no manejo de prensa manual para a fabricação de BTC, voltado para melhoria e ampliação das habitações, em regime de mutirão (figura 4), de população de baixa renda, carga horária de 40 horas, patrocinado pelo Programa Habitar-BID.



Figura 4 - Capacitação de comunitários em Resende

2.5 Oficina de Transferência de Tecnologia em Arquitetura e Construção com Terra – Escola de Arquitetura – Universidade Federal de Minas Gerais/UFMG – Belo Horizonte Abril/Maio de 2004⁶

Assistido por estudantes, professores, arquitetos, engenheiros e comunitários. Trabalhou-se as técnicas de BTC, adobe, taipa de pilão, pau a pique, argamassas de assentamento, de revestimentos e pintura (figura 5). Duração de 38 horas/aula.



Figura 5 - Oficina de Transferência de Tecnologia em Belo Horizonte

2.6 Curso de Qualificação Profissional em Conservação e Restauro de Estruturas em Arquitetura e Construção com Terra – Escola de Arquitetura/UFMG – Belo Horizonte – Abril/Maio de 2005⁷

Participação de estudantes de graduação e pós-graduação, professores, arquitetos, engenheiros e profissionais de obra. Trabalhou-se o conceito da conservação preventiva, identificação de patologias e respostas, identificação de xilófagos, e o uso da cal em argamassas históricas. Duração: 38 horas/aula.

2.7 Oficina de Arquitetura e Construção com Terra com ênfase em Conservação e Restauro – Curso de Especialização “Patrimônio Arquitetônico: Preservação e Restauro – Universidade Cruzeiro do Sul/UNICSUL – São Paulo – junho/julho de 2005⁸

Oferecido aos alunos da citada pós-graduação, composto por arquitetos e engenheiros. Foram trabalhadas as técnicas de taipa de pilão, adobe, pau a pique e argamassas de assentamento e revestimentos (figura 6). Duração: 24 horas/aula.



Figura 6 - Oficina de Arquitetura e Construção com Terra em São Paulo

2.8 Qualificação Profissional em Conservação e Restauração nas Técnicas em Construção com Terra – Escola de Arquitetura/UFMG, UNESCO, Programa Monumenta/Ministério da Cultura/IPHAN/BID – agosto/dezembro de 2006⁹

Foram oferecidos cursos em duas cidades: Serro e Minas Novas. Participaram profissionais de obra, arquitetos e estudantes. Nas duas localidades, construiu-se protótipos nas técnicas de taipa de pilão, adobe e pau a pique, foram utilizadas argamassas de assentamento e revestimentos, bem como pintura à base de pasta de cal. Duração: 210 horas/aula.

2.9 Arquiterria: Curso de Conservação e Restauração de Arquitetura de Terra – OSCIP PERMEAR – Programa de Estudos e Revitalização da Memória Arquitetônica e Artística – UNESCO, Programa Monumenta/Ministério da Cultura/IPHAN/BID Tiradentes – MG – agosto a dezembro de 2006¹⁰

Formação de profissionais de obra, arquitetos e estudantes. Construiu-se protótipos de vedações nas técnicas de taipa de pilão, adobe e pau a pique, foram utilizadas argamassas de assentamento e revestimentos, bem como pintura à base de pasta de cal. Duração: 168 horas/aula.

2.10 Curso de Construção com terra e técnicas de baixo impacto – Associação Beija-Flor – Amapá – Macapá – abril/maio de 2014¹¹

Participação de comunitários, estudantes e profissionais de obra. Trabalhou-se com as técnicas da taipa de pilão, adobe, pau a pique, BTC, argamassas de assentamento, revestimentos e pintura a base de pasta de cal. Duração 36 horas/aula.

2.11 Oficinas de Conservação e Restauo do patrimonio edificado em terra – Centro Técnico Templo da Arte – São Paulo – SP – 2011/2014¹²

Oferecido às turmas do Curso de Pós-graduação em Restauração Arquitetônica. Trabalha-se com o manejo das técnicas de taipa de pilão, utilização de argamassas históricas para assentamentos e revestimentos, pinturas a base de cal, identificação de patologias e respostas.

3. CONSIDERAÇÕES

As palavras-chave citadas enquanto tópicos, integram a ferramenta já citada, possibilitam observar e avaliar os resultados junto a diversas atividades de sensibilização, capacitação e formação, realizadas em mais de 10 anos, em locais e para públicos diferentes.

3.1 Força

- As atividades relacionadas compõem um universo, de palestras, oficinas de sensibilização e cursos com conteúdos teóricos e práticos de durações variadas. O público alvo e a faixa etária têm sido extremamente variados, porém, prevalecendo a participação de jovens estudantes e profissionais, ligados às mais diversas áreas de formação, sobretudo às de engenharia e arquitetura.
- Muitos dos profissionais de obra envolvidos nas formações descritas, se determinaram a adotar os procedimentos apreendidos, desde o manejo das técnicas de terra, até a utilização das argamassas à base de pasta cal, em sua prática profissional diária.

3.2 Fraquezas(dificuldades)

- Em muitos casos, nos cursos formais de graduação e até mesmo os de curta duração (que tem se popularizado entre os jovens), a ausencia de abordagens fundamentadas no conhecimento científico, faz com que se cristalizem opiniões equivocadas, do ponto de vista do valor cultural e do manejo apropriado dessas técnicas.
- Existem lacunas a serem preenchidas na formação profissionalizante de curta e média duração, com certificação.

3.3 Oportunidades

- O Brasil tem um imenso acervo arquitetônico de interesse histórico, grande parte constituído de monumentos da arquitetura civil e religiosa construídos em terra. O Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional – IPHAN, criou um mestrado profissionalizante, fruto do Programa de Especialização em Patrimônio – PEP.
- Faz parte da memória do brasileiro, sobretudo de origem rural, o manejo das técnicas em terra, sobretudo a do pau a pique e do adobe, esse conhecimento merece ser fomentado através de ações institucionais, ou particulares.

- Apesar de atividades localizadas, a produção de adobes em Vitoriano Veloso (Bichinho), no município mineiro de Prados, localidade de grande fluxo turístico, não passa despercebida, tendo em vista o uso generalizado desse elemento na construção de imóveis residenciais e comerciais.
- A iniciativa da Rede Terra Brasil em criar junto a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, grupo de estudos e apoio para a normatização da produção do adobe, visando sua utilização em projetos ligados a habitação de interesse social.

3.4 Ameaças

- Ausência de políticas públicas que contemplem todos os extratos sociais da população, para o financiamento de moradias, com recursos governamentais com baixo custo financeiro, sob o regime de associação participativa, mutirões e de interesse social.
- O ‘lobby’ dos fabricantes e importadores, junto aos órgãos governamentais, para o uso indiscriminado de materiais de alto impacto na construção civil, sobretudo naquelas destinadas a habitação. Tais materiais, em sua maioria, não correspondem a nossa realidade climática, tampouco cultural.
- A proliferação indiscriminada de cursos voltados à formação bioconstrutores, de curta duração, e sem referencial científico, baseados no empirismo, criando denominações inapropriadas para técnicas milenares.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

Fagionato (2013) – Análise SWOT aplicada: Conceito e um estudo de caso - <http://planare.com.br/blog/analise-swot-aplicad> - acesso em 05.07.2014

NOTAS

¹ Mais detalhes em Análise SWOT aplicada: Conceito e um estudo de caso apresentado por Planare Gestão de Equipes, disponível em <http://planare.com.br/blog/analise-swot-aplicad>. Acessado em 05.07.2014

² Oficina em Monteiro Lobato em 2000. Facilitadores: Wilfredo Carazas (convidado especial), Maria Ines Cunha, Leticia Achcar, Marcos “Reco”Borges, Paulo Bustamante e Raymundo Rodrigues.

³ *Taller* em Burgo de Osma em 2000. Facilitador: Raymundo Rodrigues

⁴ Projeto demonstrativo em Taubaté em 2001. Facilitadores: Johan Van Lengen e Raymundo Rodrigues.

⁵ Capacitação de comunitários em Resende em 2001. Facilitador: Raymundo Rodrigues.

⁶ Oficina de transferência de tecnologia em Belo Horizonte em 2004. Coordenação: Marco Antonio Penido de Rezende. Facilitador: Raymundo Rodrigues.

⁷ Curso de qualificação profissional em Belo Horizonte em 2005. Coordenação: Marco Antonio Penido de Rezende. Facilitadores: Antonio Tadeu de Lelis, Maria Isabel Kanan e Raymundo Rodrigues.

⁸ Oficina de arquitetura e construção com terra em São Paulo em 2005. Coordenação: Inst. Estadual do Patrimônio Histórico e Artístico de Minas Gerais. Facilitador: Raymundo Rodrigues.

⁹ Qualificação profissional em conservação e restauração em Tiradentes em 2006. Coordenação: Marco Antonio Penido de Rezende. Facilitadores: Paulo Narciso, Raymundo Rodrigues e Rogério Narciso.

¹⁰ Curso de conservação e restauração de arquitetura de terra em Tiradentes em 2006. Coordenação: Monica Olender. Facilitador: Raymundo Rodrigues.

¹¹ Curso de construção com terra e técnicas de baixo impacto. Coordenação: Patricia Pinha. Facilitador: Raymundo Rodrigues.

¹² Oficinas de conservação e restauro. Facilitador: Raymundo Rodrigues.

AUTOR

Raymundo Rodrigues Filho, arquiteto, mestre em urbanismo e especialista em conservação e restauração em construções históricas e sítios arqueológicos. Sócio na empresa Oikos Conservação e Restauro Ltda. – www.oikos.arq.br. Professor do Centro Técnico Templo da Arte em São Paulo – SP – no Curso de Restauração Arquitetônica. Capacitador de mão obra e Consultor.

**PROJETO TONS DA TERRA, ENSINANDO QUÍMICA ATRAVÉS DA
FABRICAÇÃO DE TINTA DE SOLO EM MANAUS-AM****Fernanda Tunes Villani¹; Gyovanni A. Aguiar Ribeiro²; Rosa O. M. Azevedo³; Danielle Cristina O. Ferreira⁴; Ingrid do Nascimento de Sousa⁵; Guilherme Tunes Villani Mendes⁶**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas – IFAM, Campus Manaus-Centro;
1fernanda.villani@ifam.edu.br, 2gyovanni.ribeiro@ifam.edu.br, 3marinsrosa@yahoo.com.br, 4danielle_cristinaa@hotmail.com,
5ingra_nascimento@hotmail.com
Universidade Federal do Amazonas- UFAM 6guituvime@hotmail.com

Palavras-chave: História da química. Funções inorgânicas. Interações moleculares. Solos da Amazônia

Resumo

No Brasil, a maioria dos alunos não tem oportunidade de estudar as disciplinas integrando os saberes teóricos com a prática e não conseguem estabelecer uma correlação com a vida cotidiana. A disciplina de química está presente em todas as atividades que se exerce no dia a dia. Entretanto, é uma das disciplinas que mais reprovam os alunos, tanto no Ensino Médio como no Ensino Superior. Com a reprovação vem a desmotivação e, conseqüentemente, a evasão escolar. A evasão escolar pode ser vista como um problema complexo e que se relaciona com outros importantes temas da pedagogia na produção do conhecimento pelo aluno, como formas de avaliação, reprovação escolar, currículo e disciplinas escolares, além do modo como é ministrado o conteúdo. Esse conhecimento não é algo predeterminado, mas resulta da atividade do sujeito. Pensando nisso, foi utilizada uma nova metodologia de ensino para os alunos do Ensino Médio e Fundamental, em escolas públicas na cidade de Manaus, no Amazonas, através do Projeto Tons da Terra. Esse projeto, baseado no Projeto Cores da Terra da Extensão da UFV, foi aprovado pela Pró-reitoria de Extensão do Instituto Federal do Amazonas- IFAM, Campus Manaus-Centro, com o objetivo de ensinar a comunidade a produzir uma tinta ecológica e de baixo custo e passou a ser utilizado como ferramenta de ensino, pelos estudantes do Curso de Licenciatura em Química do instituto, em seus Estágios Supervisionados, sendo tema de monografia em áreas diversas do conhecimento na Escola Básica. Os estudantes trataram de conhecimentos sobre a origem, a formação e a química dos solos e os processos químicos envolvidos. Os conhecimentos foram construídos pelos alunos do Ensino Fundamental e Médio de maneira suave e lúdica. A química deixou de ser uma disciplina difícil e temida e o aprendizado foi efetivo.

1. INTRODUÇÃO

De acordo com Oliveira et al (2012), a História da Química deve estar presente em todo o Ensino de Química, mas não deve ser utilizada apenas como ilustração, contextualização, ou motivação em uma aula. Deve ser compreendida como parte do conhecimento produzido pela sociedade, de forma que o estudante consiga entender a Ciência, não como um aglomerado de conhecimentos isolados, mas como um processo em constante mudança, conflitos, estruturação e reestruturação do conhecimento humano/científico.

A disciplina de química começa a ser introduzida no 6º ano do Ensino Fundamental, com alguns autores descrevendo resumidamente que o fato mais importante praticado pelo homem na Pré-história, relacionado à Química foi a descoberta do fogo, atritando dois pedaços de madeira e começaram a pintar as cavernas com tintas à base de solo, e outros pigmentos.

Na Idade Antiga egípcios, gregos, fenícios e chineses, entre outros, obtiveram metais (ouro, ferro, cobre, chumbo etc.), vidro, tecidos, bebidas alcoólicas (vinho e cerveja), sabões, perfumes e duas ligas metálicas: o bronze (cobre e estanho) e o aço (ferro e carvão). No antigo Egito, o fato mais notável foi a mumificação de cadáveres. Na Grécia, se destacou a defesa da constituição atômica da matéria.

Na Idade Média a Química recebe o nome de alquimia (árabe: al = a). Os alquimistas tinham

dois grandes objetivos: 1) obter o elixir da longa vida e 2) conseguir a pedra filosofal, que permitiria transformar um metal comum (ferro, cobre, chumbo etc.) em ouro. Tentando atingir esses objetivos, os árabes obtiveram muitas substâncias (álcool, ácido clorídrico, ácido nítrico, ácido sulfúrico, água-régia etc.) e construíram apetrechos químicos usados até hoje (por exemplo, almofariz e o alambique).

Surge na Idade Moderna a química médica ou iatroquímica (século XVII). Nessa época, os químicos, liderados pelo suíço Paracelso, abandonaram as duas metas alquimistas e passaram a descobrir substâncias que curavam doenças (remédios). No final do século XVIII, durante a Revolução francesa, a Química, a exemplo da Física, torna-se uma ciência exata. O químico Lavoisier descobriu que, durante as transformações químicas e físicas, ocorre a conservação da matéria (Lei da Conservação da matéria). Foi com Lavoisier que se iniciou, na Química, o método científico, que estuda os porquês e as causas dos fenômenos.

Embora a ciência Química tenha surgido com o cientista Lavoisier, a Química tecnológica só vai ter lugar a partir da Primeira Guerra Mundial e ganhar impulso com a Segunda Guerra, na Idade Contemporânea. Graças à Química tecnológica puderam ser construídos aparelhos que permitem a execução prática das teorias e também a descoberta de centenas de novas substâncias por dia, muitas das quais importantes para a humanidade.

Trindade et al (2010) relataram que no trabalho com alguns conteúdos de história da ciência, certamente os educadores poderiam levar seus alunos a perceber que os conhecimentos científicos não estão distanciados das necessidades da sociedade e da época no qual foram elaborados. De modo que o professor, em sala de aula, utilizando-se de fontes adequadas e atualizadas poderia promover entre seus alunos uma visão mais crítica em relação à ciência e à construção do conhecimento.

O autor referido mostra duas crenças presente na maioria dos estudantes. A primeira é que a partir da observação, chega-se à teoria que explica o fenômeno, pois acredita que está aprendendo pelo fato de observar uma prática que comprova uma teoria. A segunda é a de que a utilização da atividade experimental para extrair a teoria a partir da observação do fenômeno. Deve ser esclarecido que nesse caso há um equívoco, já que as observações são geradas através de uma teoria, e não o contrário. Nesse caso, deve ser superada a visão de que a única função de uma atividade experimental é a comprovação de uma teoria, uma vez que é necessário considerar o pouco tempo, e os materiais utilizados em sala de aula, e por fim, a questão da motivação. Isso porque muitos professores trabalham com experimentação apenas com fundamento motivacional, considerando o experimento uma mágica, ou um show, que irá atrair a atenção do estudante. Todavia, a experimentação em sala de aula é muito mais que isso, e deve ser trabalhada de forma clara com ênfase nos conceitos e na história por trás daquele experimento (Oliveira et al, 2012).

Outros assuntos que acompanham a História da Química são os estudos das Funções da Química Inorgânica e as Interações Químicas moleculares. As funções abrangem os óxidos, sais e álcalis, substâncias químicas que dão as tonalidades aos diferentes tipos de solos e que estão presentes nos minerais formadores dos solos, que começa a ser ministrado desde o 6º ano do Ensino Fundamental e se consolida no 1º ano do Ensino Médio. A explicação para o fenômeno de fixação das tintas com as superfícies a serem pintadas está fundamentada nas interações químicas moleculares existentes entre as substâncias como o solo, a água e a cola e a própria superfície, conteúdo que é ministrado no 2º ano do Ensino Médio.

No 6º ano do Ensino Fundamental é abordado o conteúdo de Educação Ambiental, com ênfase no estudo da terra, rochas e minerais, tipos de solos, principalmente os amazônicos, granulometria dos solos (areia, silte e argila), ecologia e sustentabilidade, bem como os aspectos interdisciplinares de ordem histórica, geográfica, ciências e arte.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Características do Projeto Tons da Terra

Em 2012 foi submetido e aprovado o Projeto Tons da Terra em um edital interno da Pró-

Reitoria de Extensão do Instituto de Ciência, Tecnologia do Amazonas- IFAM, campus Manaus Centro, inspirado e baseado no Projeto Cores da Terra¹ do Departamento de Solos, da Universidade Federal de Viçosa, como forma de multiplicar os conhecimentos sobre a fabricação de tinta ecológica, e de baixo custo, a partir do solo, levando às comunidades da região a técnica de produção e pintura de residências e escolas tanto de alvenaria quanto de madeira, testando os solos da Amazônia.

Desde a aprovação do projeto, várias oficinas foram realizadas tanto no IFAM como em comunidades na região. Os estudantes do Curso Superior de Licenciatura em Química do IFAM, campus Manaus Centro cursam a disciplina obrigatória de Estágio Supervisionado em Escolas Públicas, tanto no Ensino Fundamental quanto no Ensino Médio, e durante esse estágio ensinam os alunos conhecimentos sobre a química do solo, envolvida na fabricação dessas tintas e fazem desse ensino uma pesquisa, que resulta em suas monografias, a partir dos dados adquiridos durante o estágio, em particular durante as atividades de ensino com pesquisa. Essas monografias foram defendidas publicamente e aprovadas, no final de 2013, no IFAM.

É importante mencionar que o ensino aliado à pesquisa, durante o desenvolvimento dos Estágios Curriculares de alunos dos Cursos de Licenciatura, foi considerado por Azevedo (2014) como um dos principais fatores de aprendizado da profissão docente e do desenvolvimento da educação científica de futuros professores de Ciências.

2.2 Apresentação das monografias

Serão apresentadas, tendo em vista a natureza deste trabalho, uma breve visão do processo/resultado de três monografias defendidas e aprovadas no ano de 2013, como resultantes do projeto desenvolvido.

A primeira monografia teve como título 'Projeto Tons da Terra como estratégia para desenvolver a iniciação científica, através do ensino por pesquisa, com estudantes do 2º ano do Ensino Médio'. Com esse trabalho, Sousa (2013) abordou o conteúdo sobre as interações químicas moleculares responsáveis pela fixação das tintas Tons da Terra nas superfícies, tendo como principal aliado neste processo o ensino com pesquisa, que tem como diferencial o questionamento reconstrutivo, levando em conta a teoria e a prática e o desenvolvimento do pensamento crítico (Demo, 2006).

O trabalho foi realizado em uma escola pública de Manaus-AM, com 35 alunos do 2º ano do Ensino Médio, tendo sempre a presença do professor da turma no desenvolvimento da metodologia proposta. A metodologia utilizada para trabalhar o conteúdo, teve como fonte de coleta de dados para a pesquisa, registros como: fotos, diários de campo da autora, atividades elaboradas pelos alunos.

O desenvolvimento da metodologia em sala de aula fomentou nos alunos a iniciativa, a curiosidade, o questionamento, a formulação de questões, e teve como resultado alunos motivados, participativos, que se expressaram de forma fundamentada, utilizando-se da linguagem científica para comunicar o conhecimento construído.

A segunda Monografia foi intitulada 'Proposta metodológica para o ensino de óxidos no primeiro ano do Ensino Médio a partir da fabricação de tinta à base de terra'. Ferreira (2013) realizou esse trabalho com 30 alunos, na faixa etária média de 16 anos, de uma escola pública de Manaus-AM, matriculados no primeiro ano do Ensino Médio.

Os procedimentos para o desenvolvimento do trabalho constou de quatro fases:

- a primeira, foi a realização da observação sistemática participante na sala de aula, para verificar quais as necessidades dos alunos com relação à disciplina e qual a metodologia utilizada pela professora da escola;
- a segunda, foi a aplicação do questionário inicial para verificar a afinidade dos alunos com a disciplina e com a temática 'óxidos e a produção de tinta ecológica';
- a terceira, a partir da análise do questionário, foi a elaboração e desenvolvimento de uma

metodologia para atender às necessidades dos alunos. A metodologia proposta para desenvolver a aula constou de aula expositiva/prática dialogada, seguida do experimento Fabricação de Tinta Ecológica à Base de Terra, como forma de aprofundar o conteúdo Funções da Química Inorgânica: Óxidos, já ministrado para os alunos.

A Figura 1 representa um momento de atividade com os alunos em sala de aula.



Figura 1 – Momento de atividade em sala de aula

Ferreira (2013) aponta em sua monografia, como resultado de suas análises, que a metodologia proposta alcançou os objetivos e foi eficiente no que diz respeito à construção de conhecimentos pelos alunos em relação ao conteúdo trabalhado. Salienta que foi notório o envolvimento e a dedicação dos alunos durante o desenvolvimento das atividades propostas. Isso lhe permitiu concluir que os alunos, devido ao fato de estarem acostumados com aulas teóricas monótonas e apenas o uso do livro didático, ao se depararem com algo novo, demonstraram muita vontade de aprender o conteúdo e satisfação por ser algo dinâmico.

Os resultados de seu estudo deixam evidente que a experimentação, articulada ao diálogo constante com os alunos, abriu um caminho para que o professor exercesse, de fato, seu papel de mediador e para que os alunos pudessem construir seus próprios conhecimentos, pois conseguiram elaborar problemas e solucioná-los, investigar os fenômenos e compreendê-los.

Além desses pontos favoráveis, pode-se destacar dos resultados do estudo, que os alunos puderam associar algo que primeiramente lhes pareceu 'científico' demais, distante de suas realidades, com o cotidiano em que vivem. Conclui Ferreira (2013) que a associação dos óxidos com a produção das tintas ecológicas trouxe uma nova forma de ensinar química, de maneira dinâmica e interessante para um assunto que está totalmente presente no dia a dia dos alunos, além de ser utilizada uma metodologia com recursos de baixo custo e de fácil acesso. A figura 2 representa um momento de atividade com os alunos no laboratório.



Figura 2 – Momento de atividade no laboratório.

A terceira monografia teve como título 'Fabricação de tinta ecológica como estratégia para o desenvolvimento do aprendizado dos alunos do 6º ano do Ensino Fundamental sobre os solos'. Palheta (2013) desenvolveu sua pesquisa com 45 alunos, de faixa etária entre 11 a 16 anos, em uma escola pública de Manaus. A metodologia de ensino que utilizou para desenvolver o conteúdo de ensino foi composta por quatro momentos, tendo por base Zabala (1998):

- no primeiro momento foi proposta uma situação problemática, na qual induziu os alunos ao raciocínio e a percepção, envolvendo o tema tintas, solos, pinturas. A partir da percepção dos alunos, foi elaborada uma solução inicial para o problema;
- no segundo momento, exposição do conteúdo pelo professor, trabalhando o conceito de solo e sua importância, com base no cotidiano dos alunos e com elementos históricos enfocando a química com o uso de pigmentos pelos homens das cavernas.
- no terceiro momento foi a busca de uma resposta fundamentada, pelos alunos, para a situação problema surgida no primeiro momento. Solicitou-se aos alunos que relatassem situações na qual se poderia usar o solo, observando-se suas características e funcionalidades.
- no quarto momento foi realizada a atividade prática com a fabricação das tintas pelos alunos, conforme Figura 3.



Figura 3 - Organização em aula para produção das tintas.

Ao término da produção das tintas foi solicitado que os alunos elaborassem um relatório, evidenciando o processo da atividade realizada. Os relatos indicaram que a metodologia utilizada facilitou o aprendizado dos alunos não só nas aulas de Ciências, mas também nas demais aulas, pois provocou uma postura crítica de indagação, iniciativa e busca do saber.

Palheta (2013) aponta que os alunos entenderam que poderiam fazer tinta como fizeram nossos antepassados e os índios da nossa região, demonstrando construção de conhecimento, a partir da metodologia utilizada. Ao compreenderem que poderiam fabricar a própria tinta a partir do solo, os alunos ficaram maravilhados com a possibilidade de produzirem a própria tinta e de poderem pintar objetos com a tinta feita por eles mesmos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Ao término do Estágio Supervisionado, as estudantes do Curso Superior de Licenciatura em Química do Instituto Federal do Amazonas - IFAM defenderam suas monografias, enfocando que os alunos das escolas públicas, efetivamente tiveram um ótimo desempenho e que compreenderam e apreenderam os conteúdos trabalhados em sala de aula.

Além de todo conhecimento teórico que os alunos adquiriram, eles foram capazes também de manifestar esses conhecimentos através das artes, com pinturas em telas, tijolos, bolsas, gessos, como mostram as Figuras 4 e 5 com as tintas produzidas.



Figuras 4 e 5 – Pinturas realizadas pelos alunos

As estudantes, futuras professoras, relataram também que os alunos das escolas públicas envolvidas, tiveram um ótimo desempenho durante o ano nas aulas de Ciências e de Química, refletindo também em outras disciplinas, segundo relato dos próprios professores da escola.

A postura crítica e questionadora que foi desenvolvida nos alunos mostra que o projeto deve continuar, pois ao ser capaz de produzir algo belo e com significado para si mesmos e admirados por outros, os alunos passaram a confiar mais em suas possibilidades, crescendo socialmente, culturalmente e intelectualmente.

4. CONCLUSÃO

O Projeto Tons da Terra contribuiu para que as escolas públicas do Estado do Amazonas, em que foi desenvolvido, percebessem que com uma simples prática de fabricação de tinta de baixo custo e de fácil aquisição, com materiais simples como a própria terra de quintal, pode-se mudar uma realidade de desinteresse e apatia entre os alunos das escolas públicas.

Em torno de 100 alunos tiveram a oportunidade de conhecer o Projeto Tons da Terra, compreendendo sua fundamentação teórica, interligando os vários assuntos abordados, aprendendo uma alternativa para seus familiares aumentarem a renda familiar através da pintura em artesanatos e de suas próprias casas além de regatarem e aperfeiçoarem uma técnica milenar de pintura com terra ou barro.

Para as estudantes do Curso de Licenciatura em Química foi um aprendizado importante do trabalho do professor. Mostrou que o ensino de Ciências/Química pode (e deve) ser realizado com pesquisa, pois oferece melhores condições para formar professores mais críticos e conscientes de seu trabalho, que também sejam produtores de conhecimento, e tenham oportunidades de elaborar e desenvolver metodologias de ensino que garantam a participação efetiva dos alunos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Azevedo, R. O. M. (2014). *Formação inicial de professores de Ciências: contribuições do estágio com pesquisa para a educação científica*. Tese (Doutorado em Educação em Ciências e Matemática) - Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MT, 383 p.
- Demo, P. (2006). *Pesquisa: princípio científico e educativo*. 12 ed. São Paulo: Cortez, 120p.
- Ferreira, D. C. O. (2013). *Proposta metodológica para o ensino de óxidos no primeiro ano do Ensino Médio a partir da fabricação de tinta à base de terra*. Monografia (Licenciatura em Química) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, Manaus, AM, 62 p.
- Oliveira, R. D. V. L.; Coutinho, L. G. R.; Chinelli, M. V; Chacon E. P. (2012). História da química e a experimentação: reflexões de uma prática. In: Encontro Nacional de Ensino de Ciências da Saúde e do Ambiente Niterói/RJ, 3. Niterói. *Anais...* Rio de Janeiro: UFF/Praia

Vermelha. p. 1-12.

Palheta, G. J. M. (2013). Fabricação de tinta ecológica como estratégia para o desenvolvimento do aprendizado dos alunos do 6º ano do Ensino fundamental sobre os solos. Monografia (Licenciatura em Química) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, Manaus, AM, 34p.

Sousa, I. N. (2013). *Projeto tons da terra como estratégia para desenvolver a iniciação científica, através do ensino por pesquisa, com estudantes do 2º ano do ensino médio*. Monografia (Licenciatura em Química) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, Manaus, AM, 42 p.

Trindade, L. S. P.; Rodrigues, S. P.; Saito, F.; Roxo Beltran, M. H. (2010). História da Ciência e ensino: Alguns desafios. In: Roxo Beltran, M. H.; Saito, F.; Trindade, L. S. P (Orgs.). *História da Ciência: tópicos atuais*. São Paulo: Editora Livraria da Física, p. 119-133.

Zabala, A. (1998). *A prática educativa: como ensinar*. Porto Alegre: Artmed, 224 p.

NOTA

¹ O Projeto Cores da Terra é coordenado pelo professor Anor Fiorini.

AUTORES

Fernanda Tunes Villani. Possui bacharelado e licenciatura em Química pela Universidade Federal de Viçosa (1989), mestrado em Agroquímica pela mesma Universidade (1993) e doutorado em Ciências de Florestas Tropicais pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (2009). Tem experiência nos seguintes temas: solos da Amazônia, fertilidade do solo, sistemas agroflorestais, uso da terra e serrapilheira. Atualmente é professora de Química do IFAM e foi orientadora das monografias relacionadas nesse trabalho.

Giovanni Augusto Aguiar Ribeiro. Possui graduação em Engenharia Agrônoma pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (2003) e mestrado em Agricultura no Trópico Úmido pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (2006). Atualmente é professor no Instituto Federal do Amazonas (IF-AM). Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em Fitotecnia, Manejo e Fertilidade dos solos e Meio Ambiente e foi avaliador das monografias relacionadas nesse trabalho.

Rosa Oliveira Marins Azevedo. Possui graduação em Pedagogia pela Faculdade Niteroiense de Educação Letras e Turismo (1988), mestrado em Ensino de Ciências pela Universidade do Estado do Amazonas (2008), doutorado em Educação em Ciências e Matemática pela Universidade Federal de Mato Grosso. Tem experiência na área de Educação, atuando principalmente nos seguintes temas: Formação de Professores, Ensino de Ciências, Estágio Curricular e Ensino com Pesquisa.

Danielle Cristina Oliveira Ferreira. Possui licenciatura em Química pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas – IFAM (2013) e graduação em Pedagogia pela Universidade Federal do Amazonas (2012). Atualmente atua como pedagoga no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, Campus Manaus-Centro.

Ingrid do Nascimento de Sousa. Possui licenciatura em Química pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas – IFAM (2013), é técnica em Química, pela mesma instituição, participou do projeto 'Rede de Monitoramento de Efeitos Climáticos Extremos da Amazônia' apoiado pelo CNPq. Atualmente é professora da Educação Básica em Manaus-AM.

Guilherme Tunes Villani Mendes. Aluno do 3º período do curso de Geologia da Universidade Federal do Amazonas-UFAM. Atualmente é voluntário do Projeto de Extensão Tons da Terra, estudando a formação geológica e a mineralogia dos solos da Amazônia, utilizados no projeto.

PROJETOS E OBRAS

Construir com terrón

Alejandro Ferreiro, Jessica Mesones, Andrea Meynet, Nadia Muñoz, Bruno Palumbo, Catalina Radi y Gabriela Vázquez

Casa Suindara. Sobre seus materiais e sistemas construtivos

Ancis Guéguen Perrin e Thiago Lopes Ferreira

Casas de paredes de taipa com solo estabilizado para o maio rural

Ana Carolina Veraldo e Andrea Naguissa Yuba

Casa Santa Rosa

André Falleiros Heise e Marcio V. Hoffmann

Ponto de cultura da sustentabilidade – Nova Alvorada do Sul, MS

André Soares, Eduardo Takada, João Lucas Neves, Marcella Bouret e Ana Paula Lívero Sampaio

Aconchego – Soluções para o cenário pós-desastre

Clarissa Armando dos Santos, Lisiane Ilha Librelotto e Aníara Bellina Hoffmann

Moradias ecológicas – construção com terra. Almada – Portugal

Pedro Correia

Dossiê de conservação e restauração: proposta de intervenção para exemplar da arquitetura vernácula de Cachoeira do Campo

Fernanda dos Santos Silva e Julia Isenschmid

Fabricação de tijolos ecológicos de terra crua com solo da região amazônica

Fernanda Tunes Villani, Kleber da Luz Matos e Sara Adganiel A. de O. S

Escritório em fazenda com painéis autoportantes em taipa de pilão

Fernando Cesar Negrini Minto

Construção com terra crua como agente de saúde e bem estar

Flávio Pereira Dias Duarte, Bruno Aluísio dos Santos Azevedo e Samuel Siqueira da Silva

Capilla de la Candelaria

João Boto Caeiro y Fulvio Capurso

Gaia ciência bioconstruindo em Santa Luzia/MG

Gustavo Alves Fernandes e Renata Poliana Cordeiro de Oliveira

Centro de referência em educação socioambiental

João da Costa Pantoja e Larissa Castro de Oliveira

IEIASCA – Cuidar la vida

Lucía Esperanza Garzón Castañeda

Baixo impacto na África: Bioconstrução como ferramenta de proteção ambiental e desenvolvimento local sustentável. Ecobairro Muninquin. Habitações sustentáveis de interesse social

Márcio Holanda e Paulo Rodríguez

Baixo impacto na África: Bioconstrução como ferramenta de proteção ambiental e desenvolvimento local sustentável. Ecolodge Praia Jalé. Reabilitação arquitetônica e urbanística

Márcio Holanda e Paulo Rodríguez

Casa de Pedreira-Tiradentes, Minas Gerais - Brasil

Marcos Borges - Reco

Casa da Índia-Tiradentes, Minas Gerais - Brasil

Marcos Borges - Reco

Projetos construções com terra em comunidades quilombolas do Minador e Bom Sucesso, Ceará

Maria Estela Rocha Ramos

Adobe macho e fêmea: elemento de um sistema construtivo regional – Igreja Matriz de Nossa Senhora da Conceição, Conceição do Mato Dentro - MG

M^a Cristina Seabra de Miranda, Silvana Núcia de Souza Lages, Lídia Onara Gomes Andrioni e Geraldo Eustáquio Mendes Araújo

Projeto Casa Responsável

Michel Habib Ghattas

Bioengenharia de solo utilizando tijolos de adobe vegetados visando a estabilização de pequenos taludes

Nicole Gianfaldoni Riva e Admilson Irió Ribeiro

Banco de taipa de pilão com peça de design

Rafael Torres Maia, Cavalcante, Álvaro José da Rocha Cavalcante e André Tavares Lopes

Sobrado Dona Brasileira – Intervenção em construção de interesse histórico visando adequação ao uso atual

Raymundo Rodrigues e Marcos Roberto Borges dos Santos

Dois construções em terra

Ricardo Junqueira Piva

Centro de promoção da permacultura e cultura caipira – PUPA

Ricardo Junqueira Piva

CONSTRUIR CON TERRÓN

**Alejandro Ferreiro, Jessica Mesones, Andrea Meynet, Nadia Muñoz,
Bruno Palumbo, Catalina Radi, Gabriela Vázquez**

enterron@farq.edu.uy

1. INTRODUCCIÓN

El terrón, junto con la fajina, ha sido una respuesta rápida y eficiente a la necesidad de refugio en el medio rural uruguayo durante años. Construir con terrón no se enseñaba en escuelas ni mucho menos en universidades sino que se transmitía únicamente en forma oral y en forma práctica, de generación en generación.

El proyecto enTerrón surge por la motivación de estudiantes de la Facultad de Arquitectura de la Universidad de la República interesados en la realización de actividades prácticas que permitieran «aprender haciendo» y del emprendimiento Hábitat Permacultural, ubicado en Sierra de los Caracoles, Departamento de Maldonado (Uruguay).

enTerrón propone el rescate cultural de la técnica del terrón, la cual se está perdiendo como cultura constructiva por la ruptura de la transmisión oral de los conocimientos.

A pesar de esto, aún se encuentran personas que mantienen vivos los modos de construir y que son referentes para este rescate cultural: el señor Darío García, poblador de la zona de Aiguá, de origen campesino y conocedor de la técnica y la arquitecta Cecilia Alderton, profesional que lleva más de 25 años estudiando y construyendo viviendas contemporáneas de terrón, quienes actuaron como capacitador y asesora técnica respectivamente.

La técnica del terrón puede ser identificada con distintos nombres en español dependiendo de la zona en la que se encuentre: champa o chamba en Argentina y Ecuador, terrón en Uruguay y también Argentina, tepe en Bolivia o tepetate en México. En países no hispanos la técnica se denomina gazon en Francia, sod o soddies en Estados Unidos, mergel en Holanda o turf en Gran Bretaña entre otra gran variedad de nombres.

Las ventajas que presenta la construcción con terrón se basan en que no requiere mortero de toma entre los mampuestos, no se necesita el uso de máquinas o equipos especializados, la ejecución del muro es inmediata una vez que se extrae el mampuesto y no se necesita disponer de áreas de acopio techadas ante la ausencia de tiempos de espera de estabilización ni secado.

La particularidad de la construcción con terrón en Uruguay radica en que es uno de los pocos países en que se continúa utilizando para nuevas construcciones y no sólo para el mantenimiento de edificios históricos que fueron construidos con esta técnica, como sucede en algunos países del norte de Europa o en Estados Unidos.

2. PROGRAMA Y PARTIDO ARQUITECTÓNICO

Las actividades de este proyecto fueron orientadas por los estudiantes que forman el equipo de proyecto y estuvieron enfocadas en una práctica real a modo de obra-escuela, es decir crear un espacio físico cuyo avance constructivo sea tangible. Los participantes tuvieron la oportunidad de ejecutar todas las tareas constructivas, desde la excavación de zanjas para la cimentación, el corte y posicionado de los terrones hasta la toma de decisiones a pie de obra.

La obra-escuela tuvo como objetivo la creación de una construcción destinada a refugio de campo en Sierra de los Caracoles, una zona rural entre las ciudades de San Carlos y Aiguá.

El refugio es una construcción pequeña de 40 m² con una sala de usos múltiples, un entrepiso y un baño. Los muros de mayor longitud se orientaron al Noreste y al Suroeste asegurando de este modo la incidencia del sol en todas las caras.

La orientación del acceso, la ubicación de las aberturas y los espacios exteriores contemplan el asoleamiento y las visuales a la sierra (figura 1).

Formalmente la propuesta retoma la imagen del rancho tradicional con techo a dos aguas, incorporando el espacio exterior a la vivienda, resignificando las vistas del entorno y resultando funcional para todas las estaciones del año. Es así que se propone un espacio semicubierto, abierto al paisaje de orientación Suroeste, donde pueda existir sombra en verano y mediante una pérgola con plantas trepadoras pueda servir de protección de esta fachada frente a los vientos dominantes. El acceso planteado al Sureste es enfatizado por un retiro que permite su protección semicubierta. Se utilizaron carpinterías antiguas que aseguran maderas duras, sanas y secas y el tamaño de las mismas contempla las buenas condiciones de asoleamiento y ventilación e iluminación natural (figura 2).



Figura 1: Sierra de los Caracoles



Figura 2: Construcción del refugio de campo

3. TÉCNICA CONSTRUCTIVA

Debido a que los afloramientos rocosos son una constante, el suelo se constituye por una capa muy delgada de materia orgánica, resultando la técnica del terrón adecuada para este tipo de geografía. La presencia de cursos de agua asociada a este tipo de territorio otorga la humedad

suficiente al suelo para obtener así terrones que no se desgranar y que pueden ser utilizados para la construcción de un muro. De esta manera el lugar condiciona la elección de la técnica constructiva y el refugio de campo del proyecto utiliza básicamente piedra y tierra como materiales principales de sus muros.

Al momento de diseñar una construcción con terrón es importante considerar algunos aspectos: la preferencia por figuras puras, es decir asemejar la construcción a un rectángulo de modo de evitar esquinas que dificulten el proceso y respetar la relación entre el ancho y el largo de 1 a 10, es decir si el muro mide 60 cm de ancho el largo debe ser como máximo 6 m. Una alternativa en el caso que se desee un muro más largo es realizar contrafuertes que acortarán esta distancia.

Para trabajar con terrón se necesitan herramientas sencillas y no se requiere equipos o máquinas especiales. La lista de elementos está compuesta por hilo, estacas de madera, maza, palas chatas afiladas, cinta métrica, parihuelas y calzado adecuado.

En esta lista la pala es el elemento fundamental: debe ser recta, afilada, rígida y lo más liviana posible. Se debe evitar el uso de palas con nervio central que pueden romper los terrones. La comodidad para manipularla dependerá, además del largo de su mango, de

tener alguna lengüeta en la zona donde se apoya el pie de modo de facilitar el trabajo de corte.

Su ancho estará en el entorno de los 25 o 30 cm que será el ancho que va a tener el terrón.

La parihuela es un elemento que facilita el traslado del terrón y consiste en una especie de camilla compuesta por dos varas o escudrías de madera con tablas perpendiculares a éstas, donde se coloca el terrón para poder trasladarlo entre dos personas. Levantar los muros de terrón implica el momento en que el suelo deja de ser suelo para transformarse en un elemento constructivo que conformará el muro de una construcción y seguirá siendo, de algún modo, un elemento vivo que interactúa con el medio.

Las etapas constructivas incluyen la elección de la zona de extracción de los terrones, el corte de los mismos, su transporte y posicionado en el muro (figuras 3, 4, 5 y 6).



Figura 3 y figura 4: Marcado y corte del terrón



Figura 5 y figura 6: Ejecución del muro y rebajes entre hiladas

En el caso de una construcción con terrón la superficie de terreno necesaria para la extracción condiciona a la técnica a ser aplicada exclusivamente en un entorno rural.

El transporte de los mampuestos constituye el trabajo más engorroso y desgastante y no el corte del suelo como puede suponerse por lo que la ubicación de la construcción debe estar a una distancia razonable de la zona de extracción. La mano de obra que insume el trabajo es mucha pero no tiene por qué ser especializada ni formada en la tarea ya que los procedimientos constructivos son relativamente fáciles y apropiables.

El proceso constructivo es absolutamente artesanal y muy simple: el material está disponible en el terreno y solo hay que reordenarlo y cambiarlo de posición para que cumpla una nueva función. Este carácter primitivo, de contacto directo con la tierra sin modificarla le confiere al proceso un rasgo intuitivo y de conexión entre el hombre y el medio. Esto se pudo apreciar durante las jornadas prácticas de este proyecto, en las actitudes, en los gestos y en los comentarios de los participantes, muchos de ellos sin conocimiento previo y con proyectos de vida diferentes.

El trabajo que se presenta aquí concluye un proceso iniciado en 2012 por el equipo de este proyecto y es parte de una publicación financiada por el Ministerio de Educación y Cultura de Uruguay. La presentación de este trabajo se basará en material audiovisual sobre los procesos constructivos de este proyecto y en particular sobre la técnica constructiva de terrón.

Currículum de autores:

Alejandro Ferreiro: Arquitecto desde 2005 de la Facultad de Arquitectura – Universidad de la República (Farq – UdelaR). Profesor Asistente de la Cátedra de Arquitectura y Tecnología de la Facultad de Arquitectura. Ha participado de seminarios, eventos y proyectos de construcción con tierra desde 2003. Ha publicado dos libros sobre el tema, “Proyecto Hornero” como coautor y “Arquitectura con tierra en Uruguay”. Miembro de la Red Iberoamericana PROTERRA. Docente responsable de enTerrón.

Jessica Mesones: Estudiante de Farq - UdelaR desde 2007. Ha participado del trabajo de iniciación en investigación estudiantil Intersticios activos en la Ciudad de la Costa (CSIC, 2010-2011) y del proyecto de extensión universitaria Estrellas al Norte - reestructuración y equipamiento del Club de Niños ADRA, Cerro Norte (INAU, 2011). Integrante del equipo de enTerrón.

Andrea Meynet: Estudiante de Farq - UdelaR desde 2008. Ha realizado cursos y seminarios de construcción con tierra y permacultura desde 2010. Co-participación del reciclaje en bioconstrucción de una antigua casa-escuela para espacio de encuentro de jóvenes en Catamarca (Argentina, 2012). Co-realización del Centro de Interpretación Ambiental en la modalidad de bioconstrucción asistida, grupo El Terruño, Lascano, Rocha (2013 a la fecha). Integrante del equipo de Hábitat Permacultural y de enTerrón.

Nadia Muñoz: Estudiante de Farq - UdelaR desde 2007. Ha participado como vestuarista y creativa publicitaria en distintos ámbitos. Integrante del equipo de enTerrón.

Bruno Palumbo: Estudiante de Farq - UdelaR desde 2007. Ha participado del trabajo de iniciación en investigación estudiantil Intersticios activos en la Ciudad de la Costa (CSIC, 2010-2011). Fue asistente al Taller de Construcción con Tierra de Fronterra (2009) y ha realizado cursos de Jardinería Integral (2011). Integrante del equipo de enTerrón.

Catalina Radi: Estudiante de Farq - UdelaR desde 2007. Trabajo de Investigación en el Plan Espacial Marino (Espacio Interdisciplinario, 2012-2014). Ayudante en el Curso de Urbanismo Anteproyecto IV (Farq – UdelaR). Ha participado del trabajo de iniciación en investigación estudiantil Intersticios activos en la Ciudad de la Costa (CSIC, 2010-2011) y del Proyecto de Extensión Universitaria Urbanismo Participativo, Bahía Oeste (2012). Integrante del equipo de enTerrón.

Gabriela Vázquez: Estudiante de Farq - UdelaR desde 2007. Co-creación de proyectos: Estudiantes SOS (Montevideo – Treinta y Tres, IMTT), talleres de difusión de educación terciaria, proyecto de extensión universitaria Estrellas al Norte - reestructuración y equipamiento del Club de Niños ADRA, Cerro Norte (INAU, 2011). Integrante del equipo de enTerrón.

CASA SUINDARA

Sobre seus materiais e sistemas construtivos

Anaís Guéguen Perrin e Thiago Lopes Ferreira

1. BREVE HISTÓRICO DO PROJETO

A Casa Suindara é um projeto coletivo que tem como premissa central a criação de um canteiro de trabalho que propicie a formação de estudantes e profissionais mediante a concepção e a construção de uma casa unifamiliar em um assentamento rural, através da transformação e utilização de materiais naturais, locais e de descarte industrial. Esse projeto foi desenvolvido a partir de dois cursos (um curso optativo para a graduação e outro de difusão, cultura e extensão para o público em geral) do Instituto de Arquitetura e Urbanismo (IAU), USP/São Carlos e da Comissão de Cultura e Extensão do IAU/USP/São Carlos. Tais cursos foram viabilizados através de uma parceria entre o grupo de pesquisa Habitação e Sustentabilidade – HABIS/IAU/USP e uma família de moradores do assentamento rural Comunidade Agrária Nova São Carlos, localizado no entorno da cidade de São Carlos, SP.

Esse canteiro de obras possibilitou, sob a forma de um *Canteiro-Escola*, processos pedagógico-construtivos realizados a partir de práticas dialógicas de organização dos trabalhos, com a adoção de sistemas construtivos orientados por princípios e técnicas ecológicas de produção arquitetônica, alinhadas às reflexões acerca do território rural onde a casa se encontra.

A primeira etapa do projeto que ocorreu entre março e junho de 2013, no formato do curso optativo, desenrolou-se em torno de duas atividades principais. Na Universidade, os estudantes desenvolveram propostas de projetos para a casa, sempre em diálogo com a família moradora, além de projetos de sistemas construtivos, a partir da utilização dos materiais disponíveis no lote familiar de moradia, a saber: terra, eucaliptos roliços e paletes de madeira descartados pelas indústrias da região.

No lote familiar, os estudantes iniciaram as atividades a partir da construção de um galpão como espaço de trabalho e de estocagem dos paletes, e de um banheiro seco para o uso do grupo. Os dois ambientes foram construídos com eucaliptos roliços e paletes de madeira. Em seguida, os estudantes iniciaram a etapa de experimentação e desenvolvimento dos sistemas construtivos projetados em sala de aula. Devido à qualidade da terra encontrada (areia silto-argilosa), escolheu-se trabalhar com a técnica construtiva da taipa de pilão estabilizada com cimento. Os paletes foram transformados em diferentes tipos de painéis de paredes e outros elementos construtivos.

De agosto de 2013 a setembro de 2014, as atividades entraram na segunda etapa do projeto, organizadas a partir do Curso de Difusão e Extensão, sob a responsabilidade do HABIS, em cooperação com o laboratório de pesquisa Culturas Construtivas da Escola Nacional Superior de Arquitetura de Grenoble/França. O curso "Canteiro-Escola: produzindo uma habitação com técnicas em madeira e terra" contou com a participação de mais de cem pessoas que passaram por pelo menos uma das três oficinas realizadas.

2. CASA SUINDARA

A nova casa foi implantada ao lado da atual habitação da família. Seu projeto é composto por dois blocos retangulares orientados no sentido nordeste/sudeste, possibilitando uma melhor exposição ao sol, ligados por um ambiente central que serve tanto como distribuição dos espaços interiores da casa, quanto como ligação com o exterior da residência. Cada um dos blocos possui sua cobertura independente formada por um telhado de uma água, o que permite a ventilação cruzada e a iluminação dos cômodos também pela parte central da casa. O primeiro bloco abriga seus espaços sociais: sala, cozinha, banheiro e serviços. Já o segundo bloco, corresponde aos espaços familiares, separados em quatro quartos,

orientados à leste, beneficiando da incidência matinal do sol. Por ser modular, a casa pode ser transformada e receber novas extensões de acordo com as necessidades da família.



Figura 1 – Perspectiva do projeto preliminar feito antes do início da fase de construção da casa.

Referente aos materiais e às técnicas construtivas utilizadas, as fundações e as bases da construção foram realizadas em taipa de pilão estabilizada com cimento. As estruturas dos dois blocos da casa e das coberturas foram feitas utilizando-se troncos roliços de eucaliptos. As paredes de fechamento, assim como os painéis de cobertura foram construídos a partir da reutilização de paletes de madeira, descartados pelas indústrias da região. O tratamento sanitário das águas negras e cinzas será feito através de um processo biológico de filtragem e purificação por plantas adequadas. As águas das chuvas também serão captadas através das coberturas, e direcionadas aos canteiros de produção do lote.

3. PROCESSOS E TÉCNICAS CONSTRUTIVAS

3.1 Estruturas com troncos de eucaliptos

A estrutura portante da casa é composta por um sistema de cinco pórticos (por bloco), espaçados de três metros cada, sobre os quais estão apoiadas as três vigas longitudinais que servem como suporte para a cobertura.

O material utilizado foi o eucalipto citriodora, encontrado na região do assentamento. Após serem descascados e terem recebido tratamento anti-cupim, os eucaliptos foram posicionados nos buracos da fundação, com 70 cm de profundidade e concretados. Depois de secas as fundações, as vigas transversais foram fixadas por barras rosqueadas, formando os pórticos referentes às estruturas primárias da casa. Em seguida, sobre tais transversais foram fixadas as vigas longitudinais, formando assim a malha estrutural portante da casa.

3.2 Sistema de cobertura com painéis de paletes

O sistema de cobertura consiste em uma tecnologia social desenvolvida no próprio canteiro de produção a partir da reutilização de paletes de madeira. Cada bloco possui uma cobertura com 84m² (14m x 6m) de área, totalizando 168 m² de telhado. O sistema é formado por painéis compostos de cinco paletes ligados entre si por duas vigas laminadas pregadas (VLP). Essas VLPs, desenvolvidas no trabalho de tese do professor Ivan do Vale para outro projeto habitacional, foram adaptadas para o uso com os paletes de madeira existentes em nosso canteiro. As VLPs produzidas para a Casa Suindara são, por sua vez, compostas com três espessuras de ripas dos paletes, dispostas de maneira descontínua e pregadas entre si. Como cada palete possui 1,2 metros de comprimento, as vigas foram feitas com 6 metros de comprimento, o suficiente para fixar 5 paletes e produzir o painel com o comprimento do telhado. As VLPs foram fixadas nos paletes por meio de barras de

ferro atravessadas nos tocos de madeira presentes nos paletes. No total foram produzidos 28 painéis, somando 140 paletes e 56 VLPs. Tais painéis foram em seguida erguidos e fixados nas estruturas de eucalipto da casa, recebendo posteriormente o sistema de ripamento e a cobertura final com telhas cerâmicas.



Figura 2 – perspectiva do painel pré-fabricado com as duas VLPs (uma montada e outra decomposta) que servirão para unir os paletes e estruturar os painéis; montagem dos painéis e colocação na casa.

3.3 Fundação e base das paredes em taipa de pilão



Figura 3 – Realização das escavações e fundações em taipa de pilão.

A terra encontrada no lote da Casa Suindara é composta por grãos finos, em sua maioria areias finas e siltes, e por argilas pouco ativas. Foi decidido pela utilização da terra a partir da técnica da taipa de pilão, estabilizada com 10% de cimento. As fundações consistem em duas sapatas corridas sob as paredes de cada bloco da casa. Estas, foram escavadas com 50cm de largura e 30cm de profundidade, ao longo das paredes da casa, e com 80cm de largura e 30cm de profundidade, em torno dos pilares de eucaliptos. O nivelamento foi feito com uma camada de concreto, seguida por sua impermeabilização.

As bases das paredes são menos largas do que as fundações, possuindo 30cm de largura. Estas, foram feitas com a mesma terra e a mesma técnica da taipa de pilão, estabilizada também à 10% de cimento. As bases foram realizadas em duas etapas: primeiramente, foram feitas as taipas de pilão ao redor dos pilares de eucaliptos, com os tamanhos de 60cm x 60cm e altura de 35cm. Em seguida foram feitas as taipas das bases das paredes ligando os pilares e fechando os blocos retangulares. Para a realização das taipas, foram montadas fôrmas de madeira, travadas com barras rosqueadas e caibros de madeira. Nos cantos das fôrmas foram fixadas ripas de madeira triangulares, formando ângulos chanfrados para obter

um melhor acabamento e uma maior proteção nos encontros entre as taipas das paredes e dos pilares. Nestes encontros, foram também realizados encaixes tipo “macho-fêmea” mediante a fixação de peças de madeira ao interior das fôrmas. Detalhes com terras de diferentes cores também foram experimentados. Tais terras foram estabilizadas com cimento ou cal, em função da cor desejada, e dispostas entre as camadas junto às bordas das fôrmas.

Quanto à compactação das bases de taipa de pilão, foram fabricados e utilizados diversos pilões com formatos diferenciados: retangulares de madeira e de metal para as bordas; quadrados para os detalhes mais pontuais; diagonais para passar entre as barras rosqueadas e; redondos e maiores em concreto para as partes centrais das fôrmas. Outra atividade importante foi a participação da empresa Taipal (Piracicaba, SP), que além de aportarem suas experiências e conhecimentos para dialogar com os participantes, trouxeram o compactador pneumático para ser experimentado e comparado com o trabalho da compactação manual. A velocidade e o rendimento do sistema mecanizado foi bastante comentado pelos participantes que, por outro lado, exaltaram o caráter coletivo da compactação manual e a necessidade de possuir uma boa condição física para utilizar o compactador pneumático durante várias horas por dia.



Figura 4 – Taipa de pilão das bases de paredes.

As fôrmas das taipas foram retiradas entre 4 e 6 dias depois de terem sido compactadas, propiciando uma melhor cura úmida do solo-cimento no interior das fôrmas. Por cima das bases de taipa de pilão foi feita uma camada de nivelamento para receber os painéis de fechamento das paredes.

3.4 Sistema de painéis de paredes com paletes e terra

No início deste projeto, quando das experimentações de novos sistemas construtivos utilizando os paletes de madeira, foram produzidos pelos estudantes três tipos diferentes de painéis de fechamento. Entretanto, com o desenvolver das obras e devido às características dos paletes disponíveis, outros sistemas foram pensados e optou-se por desmontá-los, separando as ripas para posteriormente produzir painéis pré-fabricados no canteiro, sob medida para cada espaço de fechamento.

O processo de produção dos painéis foi dividido em duas etapas. A primeira delas, consistiu na fixação das ripas dos paletes em sarrafos de madeira, com o comprimento do espaço a ser fechado. As ripas foram pregadas de forma alinhada e espaçada de +/- 3cm para receber o acabamento externo das mata-juntas verticais, feitas também com as ripas dos paletes. Assim, foram produzidos diversos painéis tipo “estrados padronizados” para formarem o fechamento externo das paredes da casa.

Durante o processo de desmontagem dos paletes, foram gerados resíduos de madeira. São os tocos que são fixos às ripas e que estruturam os paletes. Estes, ao serem cortados nas extremidades geraram “sanduíches” de três tocos presos por duas ripas em suas extremidades opostas. Tais “sanduíches” de tocos foram reutilizados, sendo fixados nas estruturas de eucaliptos da casa, em sua face exterior. Os painéis “estrados de ripas” foram então fixados nestes “sanduíches”, fechando totalmente a casa pelo exterior, e deixando sua estrutura em eucalipto protegida na parte interna da casa. Na parte interna dos painéis foram grampeadas mantas geotêxteis, que protegerão internamente as madeiras do preenchimento em terra a ser feito na próxima etapa.



Figura 5 – Montagem e corte do painel de parede.

A segunda etapa de produção dos painéis consiste na fixação do fechamento interno das paredes. Este, é composto por duas telas dispostas em conjunto que vão sendo desenroladas na medida em que são fixadas às estruturas de eucaliptos da casa, em seu lado interno. Tal composição de telas são, respectivamente, a tela de arame galvanizado fio 16, que por ser mais rígida estrutura melhor o fechamento, e a tela sombrite monofilamento, com pequenos buracos que possibilitam tanto a contenção da terra que irá preencher o interior do painel, quanto a manutenção da porosidade do sistema para a regulação higrométrica do ambiente. Assim, a parede é fechada externamente pelos painéis de “estrados de ripas” e, internamente pelas telas fixas nos troncos de eucaliptos. Sua espessura fica em torno de 15 cm. O interior da parede será então preenchido com terra crua solta, por isso a necessidade de fixar o geotêxtil no interior dos “estrados de ripas”.



Figura 6 – Primeira realização da mata-junta e preenchimento da parede.

Agindo como um acumulador de energia, devido à alta inércia térmica da terra, o painel de fechamento propiciará uma regulação térmica mais adequada dos espaços internos da casa, diminuindo as variações bruscas de temperatura entre o dia e a noite. A umidade relativa do ar também é melhor regulada pelas paredes de terra, que absorvem o excesso de umidade quando o ambiente está muito úmido, devolvendo tal umidade ao ambiente quando o ar volta a ficar mais seco.

No momento da realização deste artigo, nos encontramos nesta fase da obra. Assim, o texto continuará sendo escrito no tempo verbal do futuro.

3.5 Revestimentos internos com terra

Sendo o fechamento interno das paredes feito com telas e seu preenchimento com terra, a ideia é realizar os revestimentos internos também com terra crua. A realização dos revestimentos de terra se darão em duas ou três camadas, em função dos resultados alcançados.

A primeira camada do revestimento servirá como camada de transição entre o suporte a ser revestido, no caso a parte interna da parede, ainda com o conjunto de telas aparentes, e as camadas sucessivas do revestimento. Nesta primeira camada, misturaremos fibras vegetais com uma terra argilosa, encontrada na região. O caráter argiloso da terra propiciará uma melhor coesão da camada na parede, e as fibras além de contribuírem para a fixação nas telas, limitarão a retração das argilas durante o processo de secagem, trabalhando como uma “armação” dentro da camada do revestimento. A segunda camada, feita a partir de uma terra menos argilosa e mais “rica” granulometricamente (com grãos maiores e variados de areia), servirá para nivelar e aprumar melhor a parede. Por fim, uma terceira camada irá terminar o sistema de revestimento. Nesta camada poderão ser utilizadas terra com cores diversificadas e tratamentos diferentes de acabamentos, texturas e até pinturas, se for o caso.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O intuito deste artigo-projeto foi revelar, explicar, difundir e evidenciar as principais questões envolvendo os processos de concepção dos projetos arquitetônicos e os processos construtivos realizados na produção desta habitação popular rural. Para além dos aspectos pedagógicos, sociais e culturais, essência desta atividade, o projeto construído tem por mérito maior a utilização de materiais naturais e locais como materiais de construção, a partir da utilização de sistemas construtivos adaptados à realidade local. Ademais, novas tecnologias sociais foram experimentadas a partir da reutilização de materiais descartados pelas indústrias da região.

Vale ressaltar que os sistemas construtivos, sobretudo aqueles utilizando paletes consorciados com terra, merecem estudos de avaliação mais aprofundados com o intuito de desenvolver tecnicamente os sistemas, averiguar sua viabilidade em maiores escalas de produção e verificar seus índices de conforto térmico e acústico, entre outros.

Currículo dos autores:

Anaïs Guéguen Perrin

Arquiteta formada pela Escola Nacional Superior de Arquitetura de Bretanha, Rennes/França. Especialista em Arquitetura de Terra pelo CRAterre/França. Coordenadora do A.R.C.A.terra. Membro da Rede Terra Brasil.

Thiago Lopes Ferreira

Arquiteto formado pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Mestre em Desenvolvimento Rural pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Especialista em Arquitetura de Terra pelo CRAterre/França. Doutorando da Escola Nacional Superior de Arquitetura de Grenoble e do Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. Membro da Rede Terra Brasil.

CASAS DE PAREDES DE TAIPA COM SOLO ESTABILIZADO PARA O MEIO RURAL

VERALDO, Ana Carolina (1); YUBA, Andrea Naguissa (2)

1 INTRODUÇÃO

A forma de produção de habitação social no meio rural, no Brasil, tem reproduzido um modelo similar ao aplicado no meio urbano, seja em relação ao programa de necessidades, materiais, ambientes e nível de acabamento, resultando em problemas de adaptação das famílias às casas (usos projetados x usos reais) e de logística (transporte e distribuição de materiais). O uso de materiais e técnicas tradicionais de construção também não contribui para melhorar a situação, pela característica produção em canteiro e diversidade de materiais que implicam comumente em desperdícios e erros.

Quanto a isso, apesar de ser desejável a busca de processos produtivos e técnicas mais adaptadas a esses contextos, os documentos que tratam das políticas públicas de habitação social rural apresentam a questão de forma ainda superficial, pouco agregando para aumentar a sustentabilidade dessa produção.

Dentre as oportunidades de inovação de produto e processo que se enquadram nessas condições, estão as técnicas de construção com terra. O uso da terra crua como material construtivo permite a fabricação no próprio lote e a utilização de matéria-prima local, o que reduz os custos da construção e o impacto ambiental, eliminando custos de alojamento e transporte dos trabalhadores e também perdas de materiais durante o percurso. Além disso, a facilidade de transferência e apropriação das técnicas permite o emprego de uma mão-de-obra não qualificada, fornecendo oportunidade de trabalho para as comunidades locais e a participação ativa dos moradores.

Tais técnicas são antigas e tradicionalmente artesanais. A mecanização de parte das etapas produtivas tem sido cada vez mais discutida e operacionalizada, em prol do aumento de qualidade e produtividade. A otimização dos sistemas e processos construtivos são importantes para diminuir o esforço físico dos trabalhadores e aceitação das técnicas construtivas.

Nesse contexto, este trabalho apresenta dois processos de produção de paredes de taipa com diferentes graus de mecanização, tecendo comentários que podem apontar possíveis caminhos de otimização da técnica.

As duas edificações foram construídas em taipa, em condições diferentes: a primeira denominada Casa Caiuás, se trata de uma edificação construída em taipa (painéis maciços de solo-cimento) desenvolvida pelo CEPED (Centro de Pesquisas e Desenvolvimento) e a segunda, de um protótipo de habitação rural em taipa (painéis maciços de solo-cimento), construída no campus da UFMS, que inclui inovações de material e mecanização com vistas à melhoria da produtividade, acabamento e desempenho do produto final.

2 CASA CAIUÁS

A edificação unifamiliar foi construída em uma fazenda agropecuária há 30km do município de Fátima do Sul/MS, com o objetivo de abrigar um casal em dias de trabalho e acolher visitantes e eventos. Um diário da obra foi montado durante o processo, assim como filmagens e fotos de todas as etapas construtivas. A opção pela taipa de pilão veio da necessidade de experimentar e demonstrar a técnica em uma região com alta disponibilidade de terra, demonstrando que a taipa não tem de estar vinculada às idéias de precariedade e arcaísmo e que uma casa de terra pode ser um abrigo melhor adaptado ao meio rural, além de mais confortável e sustentável (VERALDO, 2010).

A edificação consiste em dois blocos retangulares unidos por uma varanda em T, totalizando 185,00m² de área construída. O design da casa com paredes moduladas e intertravadas

segiu as características e limitações das formas adotadas (dimensões das chapas e espaçamentos entre guias e parafusos).

As paredes portantes de 30cm de espessura foram construídas sobre uma fundação tipo baldrame de solo-cimento. O solo utilizado na construção das paredes e a areia foram retiradas do próprio local.

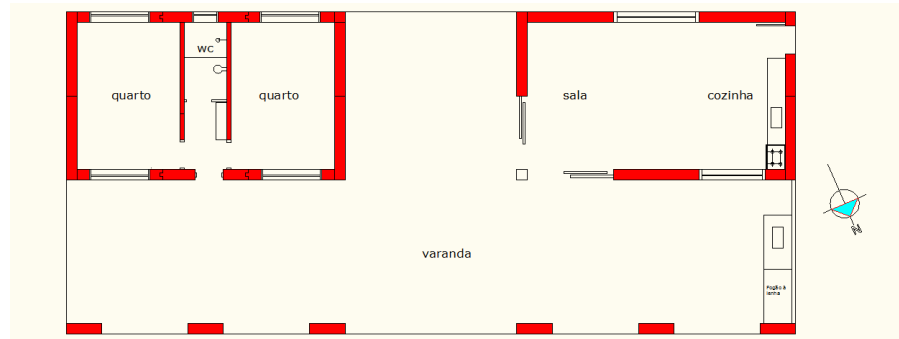


Figura 1. Planta da Casa Caiuás

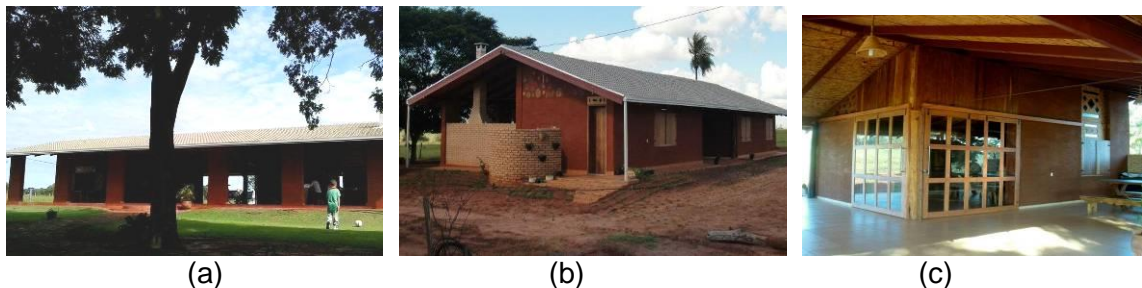


Figura 2. Vista varanda (a), vista lateral (b) e bloco da sala e cozinha (c)

2.1 Sistema construtivo

O sistema de formas adotado, utilizou placas de compensado (0,80x2,20m), estruturadas com caibros e parafusos transpassantes e guias verticais (Figura 3b).

A compactação manual adotou soquetes de base quadrada e retangular, o que permitiu o embutimento das instalações elétricas e hidráulicas sem causar deformações nos eletrodutos. A divisão do trabalho contou com a participação ativa do proprietário, responsável pelo transporte e retirada da matéria-prima (terra e areia) com trator. Os trabalhadores com experiência em lavoura realizaram a compactação e o peneiramento do material. Um servente foi contratado para realizar a homogeneização da mistura (com enxada). No processo, percebeu-se que a inexperiência em construções com terra gerou um descrédito por parte dos operários no que se refere ao desempenho da técnica e do material, além de reclamações quanto ao esforço físico necessário para a produção.

Ainda assim a produção média diária com quatro operários foi de 2 a 3 lances de forma por dia (1,58m³). A decisão de não utilizar uma betoneira no processo foi devido à dificuldade de fornecimento de energia elétrica e à variação de umidade do solo utilizado na produção (falta de proteção contra chuva), que prejudicam a homogeneização da mistura quando mecanizada. O transporte e lançamento da mistura foi feito com carriola e nas partes mais altas com a pá carregadeira do trator.

A verificação da umidade foi feita pelo “teste do bolo” (CEPED, 1984, p. 19) e o controle de compactação foi intuitivo (visual e sonoro). Os ensaios expeditos realizados foram: teste do vidro, teste da caixa e teste da umidade (PROTERRA, 2005), sendo testados diferentes traços e dosagens de estabilizantes em protótipos (muros) antes da construção. O traço adotado para as paredes foi 1:3:15 em volume (cimento, areia, terra).

A cura do solo-cimento foi feita com três molhagens diárias em um período de quatorze dias, ficando ainda as paredes descobertas por um período de oito meses, o que gerou um

esfarelamento da superfície, demandando a aplicação de uma tinta à base de terra para correções e tratamento. As paredes internas foram revestidas com tinta latex à base d'água em tonalidades claras, que melhoraram a qualidade da iluminação dos ambientes.

Nas intersecções entre paredes foram feitos rasgos verticais com uma talhadeira, sendo testados também encaixes macho e fêmea e em L, sendo o L o que apresentou melhor resultado. Os pilares das varandas e a fundação foram executados com traço mais reforçado (1:3:10). Uma camada de concreto de 5cm de altura foi executada e impermeabilizada entre a fundação e a parede, a fim de criar uma barreira contra umidade ascendente.

As vigas frechais da cobertura em estrutura metálica foram apoiadas diretamente sobre as paredes de taipa. Nas empenas inclinadas optou-se por utilizar solo-cimento em uma consistência mais plástica, aplicado alternadamente com tocos de madeira, técnica construtiva conhecida como *cordwood*.

Os batentes foram chumbados na taipa com parafusos e argamassa. No banheiro as paredes foram regularizadas com reboco e revestidas com azulejo. A jazida de onde retirou-se a terra será transformado em um lago.

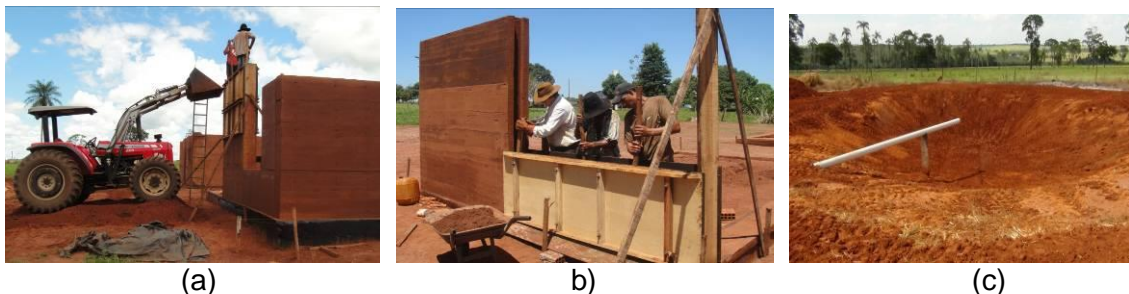


Figura 3. Lançamento da mistura (a), Forma e interface em U (b), Local da retirada terra (c).

3 PROTÓTIPO DE HABITAÇÃO RURAL UFMS

O protótipo de habitação em taipa mecanizada, construído no Campus da UFMS entre 2013-2014, está vinculado à execução de 4 projetos de pesquisa e extensão relacionados à habitação social rural.

Tem como pressuposto a mecanização do processo produtivo para reduzir o esforço e aumentar a produtividade em relação às técnicas tradicionais, contribuindo para a competitividade da técnica. A transferência de tecnologia foi feita pela empresa Taipal Construções em Terra Ltda, consultora do projeto.

O terreno, originalmente inclinado, foi aterrado e finalizado com um talude, para acomodar a edificação. Toda a terra necessária para o aterramento e a execução das paredes foi adquirida de uma jazida do município de Campo Grande-MS.

O projeto arquitetônico, semelhante ao caso da Casa Caiuás, tem a mesma concepção em dois blocos unidos por uma varanda. Dado que se trata de uma habitação para atendimento à demanda social, foi pensado como um embrião (cozinha, 2 quartos, banheiro, área de serviço e varanda), com possibilidades de ampliação para 3 quartos e varanda convertida em sala. A área coberta corresponde a 107,3m² e a área construída é de 64,42m².

3.1 Sistema construtivo

Visando a reprodução em escala, buscou-se:

- racionalizar o projeto arquitetônico em função da modulação das formas (projeto de André Heise) de largura 1,10m e altura máxima 3,00m. A espessura da parede foi definida em 20cm (Figura 4);
- otimizar o processo construtivo, com a mecanização das etapas de mistura e compactação (Figura 5a);
- substituir materiais para criar alternativas aos materiais convencionais ou para facilitar o transporte (leveza, resistência a impactos).

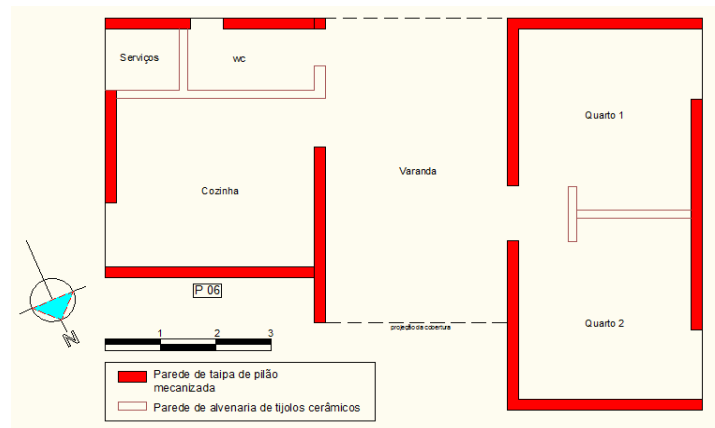


Figura 4. Planta do protótipo

A estabilização do solo foi feita com cimento e microfibras de polipropileno, no traço 1:12 com adição de 1,4% de microfibras em relação à massa do cimento.

A fundação *radier* foi executada sobre o aterro, substituindo a armadura em tela por microfibras de polipropileno. Juntamente com a fundação, foi executada uma viga baldrame correspondente à projeção das paredes, para evitar a umidade ascendente e da lavagem do piso.

As paredes com tubulação embutida prevista (hidráulica, esgoto) foram executadas em alvenaria de bloco de vedação revestida e as paredes com janelas foram executadas em alvenaria de tijolos maciços aparentes (Figura 5b). Todos os encontros entre paredes foram amarrados com barras de aço a cada 5 fiadas, visando dar unidade ao conjunto de paredes. No topo das paredes, foi executada uma cinta-berço de madeira, chumbada às paredes de taipa com barras de aço e adesivo epóxi, para combater o efeito de sucção da cobertura em caso de vendavais. A cobertura metálica tipo sanduíche foi executada sobre estrutura de madeira (terças sobre vigas) (Figura 5c).

O assentamento das esquadrias demandou a execução de correções no prumo das paredes de taipa, cuja espessura variou de 21 a 24cm de espessura (especificado em projeto: 20cm), que resultaram em defeitos na superfície. Para esses casos e também em outras patologias (encontro em T de paredes de taipa) foram efetuadas correções como revestimentos (massa PVA diluída aplicada em forma de pátina) ou tinta à base de terra.

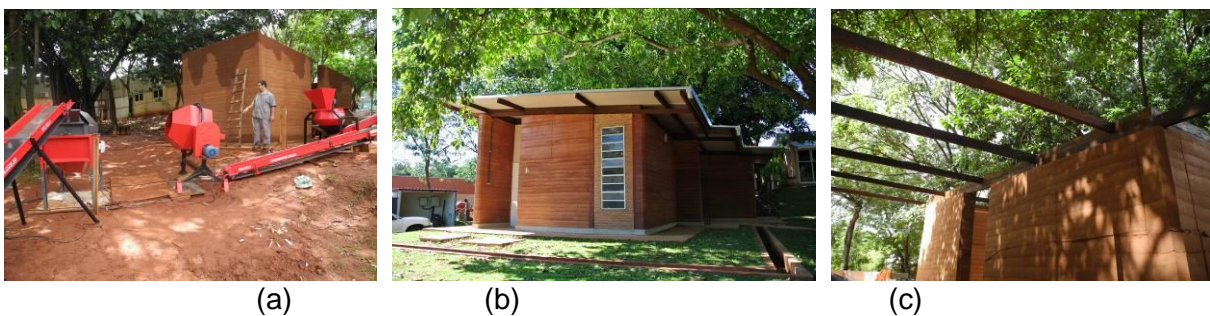


Figura 5. Equipamentos (a), fachada lateral (b) e estrutura de cobertura (c).

3.2 Processo de produção das paredes

No processo de produção de paredes, foram comparados 2 cenários de produção, sendo o original: mistura (1 betoneira) + transporte (baldes) + compactação (compactador pneumático) e o modificado, com a introdução de equipamentos: mistura (esteira 3m + peneirador + misturador homogeneizador + triturador) + transporte (esteira 6m) + compactação (compactador pneumático).

O traço utilizado foi de 1:12 (cimento e terra arenosa), com umidade em torno de 10% e adição de microfibras de polipropileno. A introdução dos equipamentos foi proposta para verificação da eficiência, aceitação pela mão de obra e avaliação sobre a produtividade.

As formas são compostas por treliças metálicas verticais que conformam chapas de compensado plastificado de 20mm de espessura e dispensam o uso de amarrações ou tirantes por dentro da forma.

As camadas de 20cm foram compactadas com o uso de compactador pneumático, resultando em camadas com espessura de 10 a 11cm. Para o acabamento dos cantos, foram utilizadas contraformas de madeira em recorte triangular. A cobertura em uma água determinou a execução de painéis inclinados de taipa, o que representa algum grau de dificuldade executiva (medição de altura e corte pós-compactação). A cura das paredes foi feita sob lona plástica nas primeiras 2 semanas.

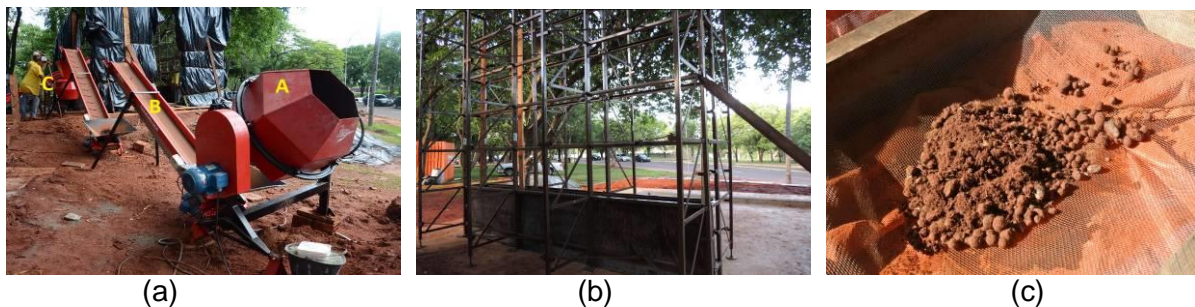


Figura 6. Equipamentos para produção das paredes (misturador, esteira e triturador - a), forma metálica (b) e grumos formados após mistura (c).

Para avaliação dos resultados obtidos, foram coletadas impressões dos pesquisadores, do empreiteiro da obra e da equipe de trabalho (sem experiência prévia de construção com a técnica):

- Esteiras: reduziu o desgaste da mão de obra, principalmente para a subida da mistura acima de 2m. As esteiras poderiam ter uma saída para a retirada da massa não apta para uso e que muitas vezes ficou retida na base.
- Misturador: apresentou comportamento resultado similar à betoneira, tanto no que se refere à homogeneidade, quanto na formação de grumos (Figura 6c). Apesar de ter sido recomendado utilização de mangueira com aspersor para adição de água, foi utilizado regador, pelo necessário controle de volume. Assim, a formação de grumos pode ter sido causado pela maneira como a água é colocada no misturador, pela quantidade de água utilizada na mistura ou pela introdução de microfibras. Além disso, durante a adição de água, a massa adere à superfície do misturador.

A equipe de trabalho considerou que a alimentação com baldes fica prejudicada com a boca mais estreita e que o resultado foi similar se comparada com a betoneira, pela demora da homogeneização e por apresentar mais grumos. Consideram que a presença de lâminas, como nas betoneiras, facilita a homogeneização da mistura.

- Triturador: a massa precisou ser lançada aos poucos para não travar o triturador, o que acarretou a mobilização de 3 pessoas no processo que antes era feito por apenas duas. Uma pessoa tornou-se responsável pela mistura, outra pelas esteiras (ligando e desligando) e outra pelo triturador. Esse último precisou empurrar a massa pelo alimentador, para que não ficasse bloqueada e ainda foi necessário aplicar golpes com um martelo de borracha para soltar as placas de massa aderidas, de modo que toda a massa fosse aproveitada. A presença das placas não ocasionou problemas na compactação e nem na aparência final da parede, mas interferiu na produtividade da mão-de-obra. É também preocupante a necessidade de empurrar a mistura pelo alimentador.

Como resultado geral, os equipamentos contribuíram para a uma aparência mais homogênea, mas a produtividade foi reduzida, sendo o triturador o equipamento que apresentou desempenho abaixo do esperado, provocando uma alternância de funções entre os trabalhadores.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a execução das duas experiências é possível observar que a transferência da técnica não é impedimento para a disseminação da taipa. No que se refere à mecanização de algumas etapas do processo construtivo, conclui-se que a utilização do trator no caso da Casa Caiuás foi eficiente devido à área de circulação desimpedida do canteiro. A sua utilização poupou o desgaste físico dos operários que precisariam erguer as carriolas a uma altura de 3,80m e não gerou desperdício, pois o volume de mistura da pá carregadeira do trator era lançada dentro da forma com o auxílio de pá manual. Já no caso do protótipo, o uso de trator seria inviável, pelo pouco espaço disponível e, mesmo o uso das esteiras não gerou resultados significativos, pela pouca distância entre produção e uso e pela presença de obstáculos (árvores, dimensões reduzidas da obra, topografia inclinada).

A compactação pneumática e a adição das microfibras nas paredes do protótipo trouxeram melhorias no resultado da compactação e aspecto da parede, deixando-a mais uniforme e resistente à abrasão, além de amenizar o esforço físico dos operadores.

Quanto à qualidade da homogeneização da mistura foi observado que a qualidade da mistura feita com o uso de enxada na Casa Caiuás atendeu às expectativas, enquanto a betoneira apresentou a formação de aglomerações de solo (grumos) que demandaram uso de equipamento adicional (triturador). Entretanto o esforço físico empregado para a produção das masseiras, assim como a compactação manual criou uma resistência relacionada à técnica. Há necessidade de se testar procedimentos de controle de qualidade para a melhoria do resultado das misturas feitas na betoneira e testar outros tipos de misturadores, como por exemplo, os planetários.

A compactação pneumática e a adição das microfibras nas paredes do protótipo trouxeram melhorias no resultado da compactação e aspecto da parede, deixando-a mais uniforme e resistente à abrasão, além de amenizar o esforço físico dos operadores.

Nesses dois casos, em suma, considera-se que a mecanização colaborou para melhorar o desempenho e aceitação da técnica. Houve ganhos de produtividade também, mas esse fator não foi o determinante na aceitação, possivelmente porque o custo da mão de obra ainda é baixo, permitindo ao empreendedor optar para buscar o arranjo mais econômico.

Apesar da boa aceitação, há avanços a serem introduzidos nos equipamentos e formas, para superar os obstáculos que ainda persistem: dificuldade de montagem e alinhamento das formas, deformação das formas durante a compactação, misturadores específicos para misturas de terra e controle de qualidade da produção.

(1) Arquiteta, Mestranda em Engenharia - Eficiência Energética e Sustentabilidade, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande – MS, anacarolinaveraldo@hotmail.com

(2) Arquiteta, Profa. Dra. Adjunta, Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande – MS, naguissa@gmail.com

REFERÊNCIAS

PROTERRA **Seleção de solos e métodos de controle em construção com terra – Práticas de campo**. Projeto de Investigação XIV.6. 2005. 31p. Programa Ibero-Americano de Ciência e Tecnologia para o Desenvolvimento-CYTED Centro de Pesquisas e Desenvolvimento (CEPED). **Manual de construção com solo-cimento**. 3ª. edição. São Paulo: CEPED/ BNH/ URBIS/ CONDER/ PMC/OEA/CEBRACE/ ABCP, 1984. 147 p.

VERALDO, Ana C. **Casa de Terra: Uma interação entre Arquitetura, Paisagem e Arte.** 2010. Disponível em <http://www.anaveraldo.blogspot.com.br/p/casa-de-terra-caiuas>. Acesso em 05 de setembro de 2014.

AGRADECIMENTOS

À FUNDECT, CNPq, UFMS, Taipal Construções em Terra, Construgreen, Neomatex, Votorantim Cimentos, Sermix, Batlab, Ecomáquinas, Quartozolit, SF Formas, Mineração Xerez, Cerâmica Volpini.

CASA SANTA ROSA
HEISE, André Falleiros (1); HOFFMANN, Marcio V.(2)

1. MEMORIAL DA ARQUITETURA

1.1. Partido

O projeto é de uma residência unifamiliar com área de 240 metros quadrados construída na cidade de Piracicaba, no Estado de São Paulo. A implantação desse projeto se dá em um terreno de esquina onde a topografia original é em acive com um desnível de aproximadamente 4 metros entre a frente e o fundo quando se imagina uma linha que perpassa por uma diagonal do terreno.

Para permitir aos moradores a vista plena do horizonte – onde se avista a mata ciliar do Rio Piracicaba - o projeto foi concebido em dois blocos independentes em diferentes níveis, onde um deles é a área social e de serviços e o outro é destinado á área íntima da residência. Esses blocos são interligados por um espaço que faz a função de chegada social.

Ainda, essa implantação em dois blocos, com a área íntima ao fundo e na cota mais alta e a social na frente num nível intermediário, também permitiu o corte exato do volume de terra que seria usado no aterro do abrigo e posteriormente na construção das paredes de taipa.

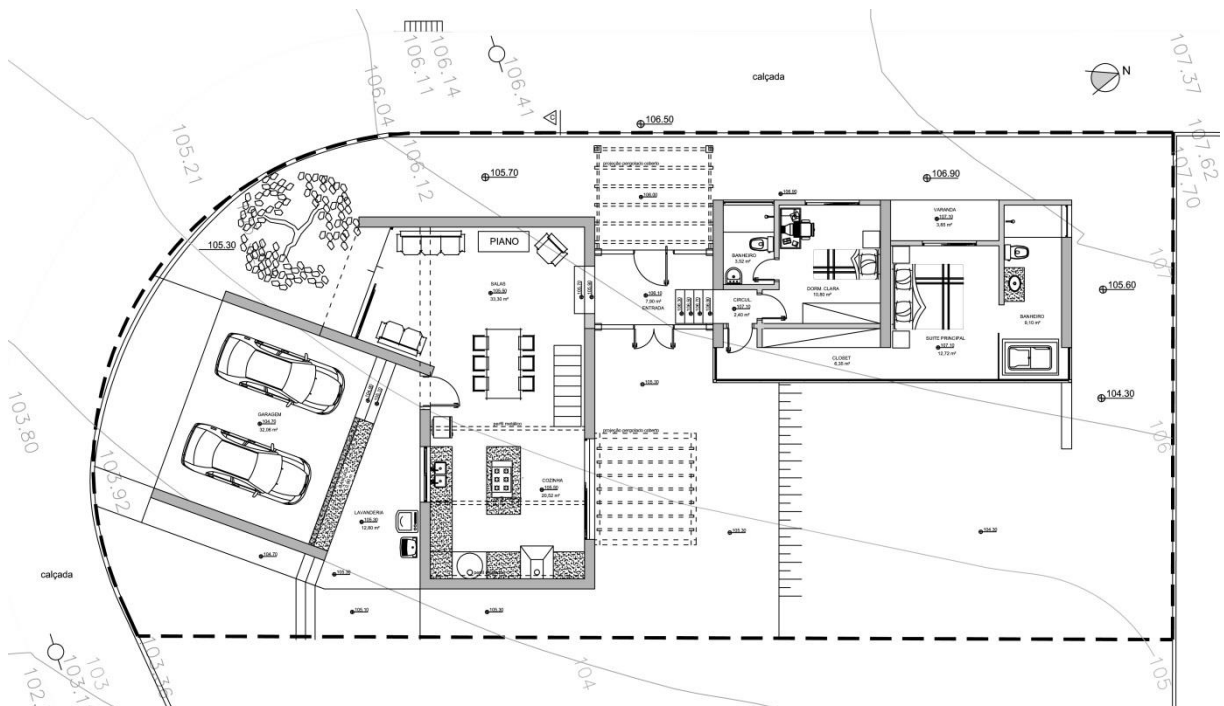


Figura 1 –Planta com curvas de nível do terreno.

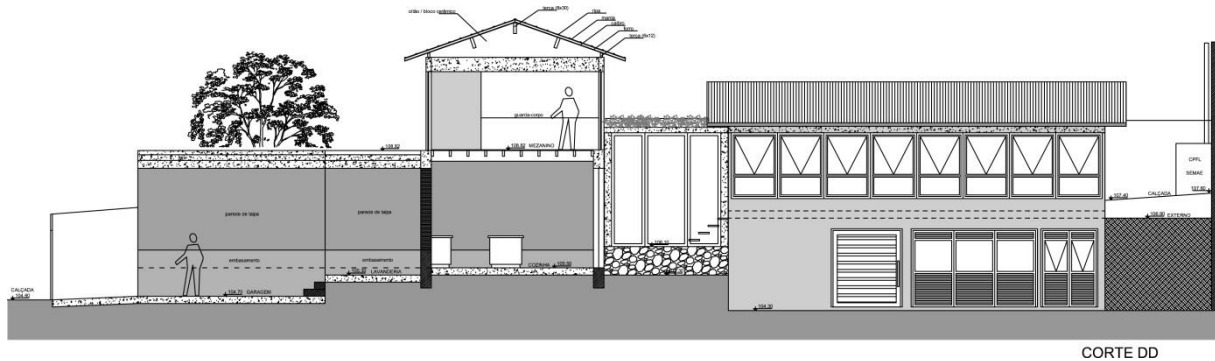


Figura 2—Corte longitudinal.

O posicionamento dos blocos cria um pátio interno que recebe total insolação da manhã, favorecendo também esta insolação nos dormitórios e área social. As maiores aberturas estão voltadas para o sol da manhã. No lado para o Oeste foi projetado um grande painel de taipa para contribuir no conforto térmico do edifício.



Figura 3—Imagem do pátio.

1.2. Programa

O bloco da área íntima possui no pavimento inferior um estúdio de música, um dormitório e um banheiro. No pavimento superior desse mesmo bloco, que fica praticamente no nível da rua da testada do lote, estão as duas suítes que servem a filha e ao casal.

O bloco das áreas de serviço e social possui garagem, lavanderia, cozinha, sala e um mezanino com acesso ao terraço formado pela cobertura verde do abrigo.

1.3. Tipologia

Sugerido pelo arquiteto, foi pensado durante todas as etapas do projeto um modo de construir utilizando materiais que necessitariam a menor quantidade possível de energia tanto no processo de produção como no transporte. Outro conceito aplicado desde o início do projeto foi usar uma linguagem que exigisse a menor quantidade possível de retrabalho durante a execução da obra.

Então naturalmente surgiu a opção de trabalhar com uma arquitetura que mostre seus processos construtivos e, portanto, com o uso da taipa de pilão, vigas de concreto aparente

e cobertura de madeira aparente. Vale lembrar que toda madeira usada na estrutura da cobertura é de eucalipto, madeira certificada de reflorestamento.



Figura 4–Imagem da obra.

2. TAIPA

Para utilizar a taipa com o melhor desempenho é necessário desenvolver o projeto considerando as características do sistema construtivo, e é importante salientar a necessidade da compatibilidade e interface das paredes de taipa com outros sistemas construtivos, por exemplo, as vigas, esquadrias, pisos, coberturas e instalações.

O sistema torna-se viável quando o projeto considera na sua concepção tanto o desenho da arquitetura para favorecer o conforto térmico e a estrutura como também contempla as movimentações no canteiro de obra, a produtividade da mão de obra, a disponibilidade do solo, as dimensões das paredes com as formas, e o aproveitamento das paredes prontas como acabamento.

Optamos por trabalhar com sete operários, sendo dois no abastecimento do misturador, um verificando a qualidade da mistura, dois no carregamento da forma, um verificando a quantidade de material depositado dentro da forma e um na compactação. Esses operários foram treinados pela equipe técnica da TAIPAL e já trabalharam em outras execuções de paredes de taipa.

O volume de terra compactada foi de aproximadamente 40 m³, e essa terra foi uma parte do próprio canteiro de obra e outra parte comprado de uma jazida. Teríamos assim um local de armazenamento de terra. Uma das decisões foi instalar o misturador de terra no local que facilitaria o carregamento com a terra armazenada e o abastecimento das formas. Outra decisão importante foi a sequencia de montagem das formas. Essas decisões refletem diretamente na produtividade da obra.

Decidimos executar as montagens de forma em duas etapas da obra, a primeira seria no bloco da área íntima e a segunda no bloco social e serviço. Para a montagem das formas é necessário ter um piso nivelado tanto interno quanto externo. Quando não se tem um piso, por exemplo, do lado externo é necessário a montagem de uma plataforma “tipo andaime” para o nivelamento com o piso interno e posteriormente a montagem da forma.

Projetamos um “embasamento” em tijolo nas bases das paredes de taipa para auxiliar no encaminhamento das instalações elétricas e hidráulicas, pois não queríamos embutir nas paredes de taipa, sabendo que esta terá seu acabamento aparente resultado final da desmontagem das formas. Este embasamento serviu de guia para a montagem das formas, tendo assim o posicionamento correto dos alinhamentos das paredes.



Figura 5 – Imagem da obra – montagem da forma e proteção das paredes prontas.

A compactação foi uniforme e executada em camadas com volume definido. O controle da umidade da mistura foi feito tanto pelo responsável do equipamento misturador quanto pelo responsável em acomodar a mistura dentro da forma. Utilizamos o compactador pneumático e verificamos que o grau de compactação deve ser controlado, pois é importante não compactar além do ideal porque pode danificar a camada abaixo e também não se deve compactar aquém do ideal porque o material poderá desagregar após a desforma.

Quando ocorre a desforma é importante fazer a proteção das paredes, por exemplo, com lona plástica. Esse recurso funciona para que no processo de cura das paredes a perda de água ocorra de maneira lenta, minimizando assim o processo de retração do solo e reduzindo o aparecimento de fissuras. A proteção das paredes também é importante ocorrer durante a execução das outras etapas da obra. É possível perceber a dificuldade da mão de obra em interpretar outras culturas construtivas que não seja aquela padronizada adotada pela nossa sociedade em geral.



Figura 6 – Imagem da obra.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A expectativa é que a arquitetura deste edifício consiga além de atender as necessidades da família, também contribua com a disseminação do conhecimento de culturas construtivas não convencionais ou padronizadas, contribuindo na busca da sustentabilidade da construção civil.

Os sistemas construtivos em terra são viáveis e bastante sustentáveis quando usados adequadamente, entretanto é necessário que os processos de construção sejam desenvolvidos para que se atinjam maiores produtividades e melhores desempenhos com relação a qualidade dos edifícios.



Figura 7 – Imagem da obra.

André Falleiros Heise, arquiteto, mestre em Engenharia Civil pela Unicamp, associado do ABCTerra, proprietário da HEISE arquitetura e sócio da TAIPAL construções em terra.

Marcio V. Hoffmann, arquiteto e urbanista, mestre em Preservação e Restauração de Patrimônios Históricos pela FAUFBa, membro da Rede Iberoamericana PROTERRA e Coordenador da Rede TerraBrasil, proprietário da FATO arquitetura e sócio da TAIPAL construções em terra.

Ficha técnica

Projeto de arquitetura: HEISE Arquitetura Ltda.

Projeto de estrutura: GEPEC Engenharia.

Local: Piracicaba – SP

Data: 2013 / 2014.

Área de construção: 240 m².

Volume de paredes de taipa de pilão: 40 m³.

Construção: Eng. Marcos Aprilanti.

Paredes de taipa: TAIPAL construções em terra.

Fotos: Paulo Heise

**PONTO DE CULTURA DA SUSTENTABILIDADE –
NOVA ALVORADA DO SUL, MS****André Soares, Eduardo Takada, João Lucas Neves, Marcella Bouret****Co-autora: Ana Paula Lívero Sampaio****1. INTRODUÇÃO**

Em pleno século XXI, 14 anos depois de iniciada a conquista por um mundo sustentável, já não podemos dizer que a humanidade ainda é pioneira na busca pela sustentabilidade, ou será que ainda somos? E pensar que nos dias de hoje teríamos como as bandeiras mais altas no mastro mundial a tecnologia e o progresso.

A cada imersão pela procura do sentido da palavra sustentabilidade, confirma-se realmente que o tempo é cíclico, e não linear como imaginávamos. Descobrimos que nós já utilizávamos sistemas sustentáveis antes mesmo de este termo ser definido pela conferência de Estocolmo em 1972, e que o saber ser sustentável, na verdade já sabíamos há centenas de anos, com as construções de terra crua e outros materiais oferecidos pela natureza. Hoje, em pleno 2014, tentamos quase que desesperadamente resgatar estes conhecimentos com todas as nossas forças, aliás, “todas as nossas forças”, mas ainda de poucos, sentindo no clima e muitas vezes na pele as consequências de termos, com a revolução industrial, entrado na viela escura do progresso, sustentado por um conceito implacável de desenvolvimento, onde o termo “do a quem doer”, e “os fins justificam os meios” nunca foram tão bem aplicados.

A este texto cabe ressaltar que a cultura é o testamento mais verídico que temos, e que através dela podemos agravar ou corrigir o que antes fazíamos ou ainda faremos. Há tempos, mesmo sem consciência, obedecíamos a uma linguagem harmônica com o meio ambiente, seja pelo esquecimento ou pela avidez do individualismo, perdemos esta qualidade fundamental de evoluir com a natureza.

Os projetos aqui apresentados, procurou a todo momento através de conceitos e princípios atuais, ligados ao resgate de técnicas e tradições antigas, fortalecer a ligação direta entre desenvolvimento e sustentabilidade, utilizando de métodos inteligentes de planejamento holístico, conhecido atualmente como Permacultura, moldados no decorrer do caminho pela realidade e desafios de nossa época.

2. COMO SURTIU O PROJETO

O projeto do Ponto de Cultura nasceu em 2010, da necessidade de implantação de projetos sociais, em 5 pequenos municípios do Brasil, localizados no Estado de São Paulo, Goiás e Mato Grosso do Sul. Empresas no Brasil todo utilizam-se de financiamentos e empréstimos junto a bancos e órgãos do governo para subsidiar o surgimento de novos projetos ou alavancar empresas já existentes. Assim o projeto do Ponto de Cultura nasceu de um programa social quando uma empresa nacional de biocombustível financiada pelo BNDS (Banco Nacional de Desenvolvimento) teve como contrapartida criar diversos projetos sociais nos municípios onde estavam sendo instalados, após a criação deste programa e através de sistema participativo de seleção (comunidade, comissão de cultura do município entre outros representantes) enxergaram a necessidade de se ter instalado nos municípios um prédio onde se abrigasse as atuais e futuras atividades culturais da cidade, e tendo como desafio, a inserção de espaços culturais, aliados a espaços sustentáveis.

Deste programa social surgiram 5 projetos batizados como “Ponto de Cultura da Sustentabilidade”.

PCS – Nova Alvorada do Sul - MS

PCS – Mirante do Paranapanema - SP

PCS – Teodoro Sampaio - SP

PCS – Caçu - GO

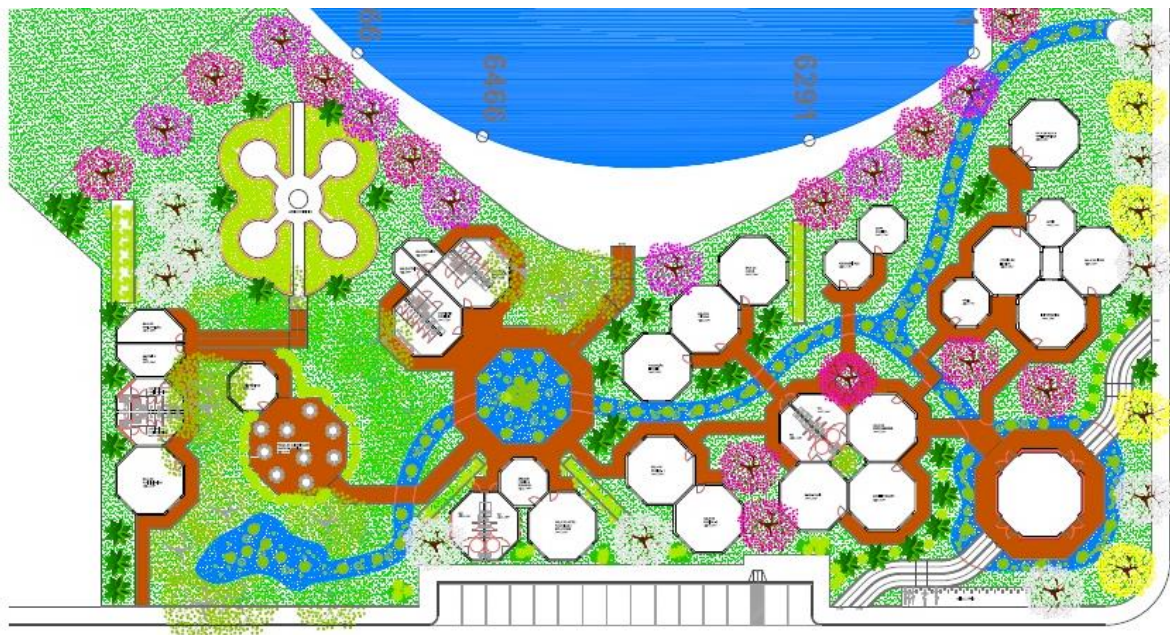
PCS e Escola Sustentável – Cachoeira Alta – GO

2.1 Partidos “Bio” Arquitetônico

A conceituação do projeto nasce em um Instituto de Permacultura, e para tal desafio, foi necessário a união de profissionais a fim de utilizar a linguagem arquitetônica para criação de um local de referência com o objetivo de potencializar a cultura e os valores da sustentabilidade.

Como ferramenta de design, o partido de todos os projetos foi baseado nos princípios da Permacultura, Segundo Bill Mollison, a Permacultura consiste na elaboração, implantação e manutenção de ecossistemas produtivos que mantenham a diversidade, a resistência, e a estabilidade dos ecossistemas naturais, promovendo energia, moradia e alimentação humana de forma harmoniosa com o ambiente. Na figura 1 podemos observar a implantação do Ponto de Cultura, em sua fase de anteprojeto, e os princípios da Permacultura propostos em seu design.

Figura 1 – Ponto de Cultura- Fase Anteprojeto.



Deste modo, as áreas interdisciplinares utilizadas para a criação do conceito foram: Manejo da Terra, Espaço Construído, Ferramentas e Tecnologias, Cultura e Educação, Saúde e Bem Estar, Economia, e a Apropriação do espaço e comunidade.

Assim foi agregado ao partido o uso de vários sistemas, sendo eles interligados através de tecnologias sustentáveis como armazenamento de água de chuva, por meio de jardins e reservatórios, tratamento biológico de todo esgoto gerado, captação de energia solar, uso de materiais produzidos com baixo carbono, ventilação e iluminação natural dispensando o uso de condicionadores de ar, definição dos prédios potencializando o uso do espaço sem grande impacto, aumento da diversidade através da criação de micro sistemas naturais, e diversas outras ferramentas de design.

Outro objetivo prático durante o processo de estudo, foi o incentivo do uso de materiais e mão-de-obra local, assim qualquer sistema construtivo ou material escolhido,

deveria servir de referência à formação e a disseminação do material e de profissionais (figura 2).



Figura 2 – Formação de mão de obra local

É importante salientar que o processo de criação do projeto, se deu de maneira 100% participativa, ou seja, todas as decisões foram tomadas através de reuniões abertas, estando presentes, diversos representantes do município, órgãos públicos como prefeituras e secretarias, comunidade, empresa financiadora, mediada pelos profissionais da área da Permacultura e arquitetura e facilitadores locais. Assim de uma maneira pouco convencional o processo de elaboração do projeto arquitetônico se estendeu de 5 meses para um ano. Todavia conseguiu-se com isso a mais fiel reprodução das necessidades e realidades da comunidade local. A medida que o projeto ia se desenvolvendo, as propostas feitas pelos profissionais eram aos poucos, aceitas ou reprovadas, e isso ao final acabou sendo um importante e fundamental instrumento de conhecimento do que realmente existe nos municípios do Brasil de pouco mais de 20.000 habitantes. Conhecemos minuciosamente o que o poder público local, comunidade, pessoas com e sem instrução, até mesmo os clientes diretos representados em grandes capitais, entendiam sobre sustentabilidade ou necessidades de mudança de curto, médio e longo prazo.

Deste rico processo, propostas como construção com tijolos de barro e palha, confeccionados no próprio canteiro de obras, criação de hortas junto a jardins, captação de água de chuva, tratamento de esgoto através de “fossas de bananeira” e formas não convencionais para os prédios, foram servindo como filtros da real cultura construída nos dias de hoje, ensinando aos profissionais desta nova área chamada sustentabilidade, que atualmente desconstruir para construir é o principal desafio (figura 3).



Figura 3 – Construção de bacias de evapotranspiração para o sistema de tratamento de esgoto, uma das tecnologias aceito pela comunidade.

3.0 - Sustentabilidade Edificada

Assim, após um ano de estudos, apresentações, e com um grande aprendizado o projeto foi concebido utilizando, sistema construtivo de tijolo em solocimento, captação e armazenamento de água de chuva, através de cisternas de ferrocimento, com uma capacidade inicial de armazenamento de 54.000L, tratamento do esgoto gerado através de bacias de evapotranspiração, utilização de estruturas espaciais tipo geodésica, para construção da cúpula e concha acústica, uso de passarelas suspensas em eucalipto (figura 4).



Figura 4 – Perspectiva do Ponto de Cultura, passarelas suspensas

Mantendo a essência do projeto do Ponto de Cultura, de criar além de um simples espaço uma ferramenta de educação, apresentamos abaixo algumas imagens da obra, que tem a sua primeira etapa sendo concluída no próximo mês (outubro de 2014), como observamos nas figuras 5 e 6.



Figura 5 – Execução da primeira etapa, Setembro/2014.



Figura 6 – Execução da Concha Acústica - Estrutura Geodésica e Ferrocimento.

Currículo dos autores e co-autor

André Soares: André é construtor natural, permacultor, designer e educador. Fundou o Instituto de Permacultura em Queensland na Austrália e em 1998 foi co-fundador do Ecocentro IPEC, maior centro de referência em sustentabilidade da América Latina. Tem como objetivo juntamente com o IPEC capacitar as empresas brasileiras com o desenvolvimento sustentável, fazendo com que estas preocupem mais com o impacto de suas atividades no meio ambiente e implante tecnologias sociais em seus sistemas operacionais.

Eduardo Nobuyuki Takada:

Formado em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade de Cuiabá no ano em 2006, iniciou seus trabalhos profissionais desenvolvendo projetos arquitetônicos “convencionais”. Em 2011 conheceu o Instituto de Permacultura e Ecovilas do Cerrado em Pirenópolis – GO, onde, através dos seus cursos, mudou seus conceitos sobre a arte de projetar sustentavelmente. É sócio da empresa de Arquitetura A FÁBRICA – Arquitetura Verde.

João Lucas Neves: Com formação técnica em Edificações e formação acadêmica em Arquitetura e Urbanismo. Possui 15 anos de experiência na área da construção civil e desenvolve há 5 anos projetos de construção sustentável. Como Bioarquiteto, fundou a CAN Sustentável e atua como coordenador dos trabalhos, projetos e equipe, criando ideias, viabilizando soluções e implantando sistemas sustentáveis que envolvem técnicas construtivas de bioconstrução diversas.

Marcella Bouret:

Arquiteta formada pela Universidade de Cuiabá em 2006, participou de vários cursos na área de bioarquitetura a fim de incorporar o conceito de sustentabilidade em seus projetos de forma a agregar valores fundamentais para a promoção do potencial das intervenções arquitetônicas e urbanísticas enquanto fontes de positividade ambiental. É sócia da empresa de Arquitetura A FÁBRICA – Arquitetura Verde.

Ana Paula Lívero Sampaio

Com formação técnica em Edificações e formação acadêmica em Arquitetura e Urbanismo, pesquisa desde 2010 a habitação indígena do povo Kayapó Mekrãgnoti da Amazônia, em que registrou a arquitetura da aldeia Kawatum. Participou de projetos de desenvolvimento de embalagens sustentáveis que incorporam a inovação. E como bioarquiteta integra a Equipe da CAN Sustentável, desenvolvendo projetos arquitetônicos e urbanísticos promovendo soluções sustentáveis, através de técnicas da bioconstrução.

Aconchego – Soluções para o cenário pós-desastre

Clarissa Armando dos Santos
Lisiane Ilha Librelotto
Aniara Bellina Hoffmann

1. PARTIDO ADOTADO

O partido adotado neste trabalho foi o da construção natural (bioconstrução) visando disponibilizar opções mais sustentáveis dentro do âmbito da construção emergencial. Assim, este projeto foi desenvolvido com o intuito de ser aplicado no atendimento de desabrigados em recuperação pós-desastre. No cenário pós-desastre os abrigos estão diretamente relacionados com a sobrevivência humana, pois são responsáveis pela garantia da segurança pessoal e proteção contra as condições climáticas, bem como pela dignidade humana, convívio em família e comunidade, permitindo que a população afetada recupere-se das conseqüências do desastre (VALÊNCIO, *et al* 2008).

Segundo Birch e Watcher (2006), existem três tipos de abrigo pós-desastre:

- Abrigos emergenciais – abrigos temporários, normalmente coletivos, como instalações em escolas, ginásios e galpões.
- Abrigos transitórios ou transicionais – abrigos temporários unifamiliares, onde os desalojados podem viver até reestabelecer sua moradia permanente, um período de três a cinco anos (HIRANO, 2012);
- Abrigos permanentes – moradia definitiva, depois da recuperação.

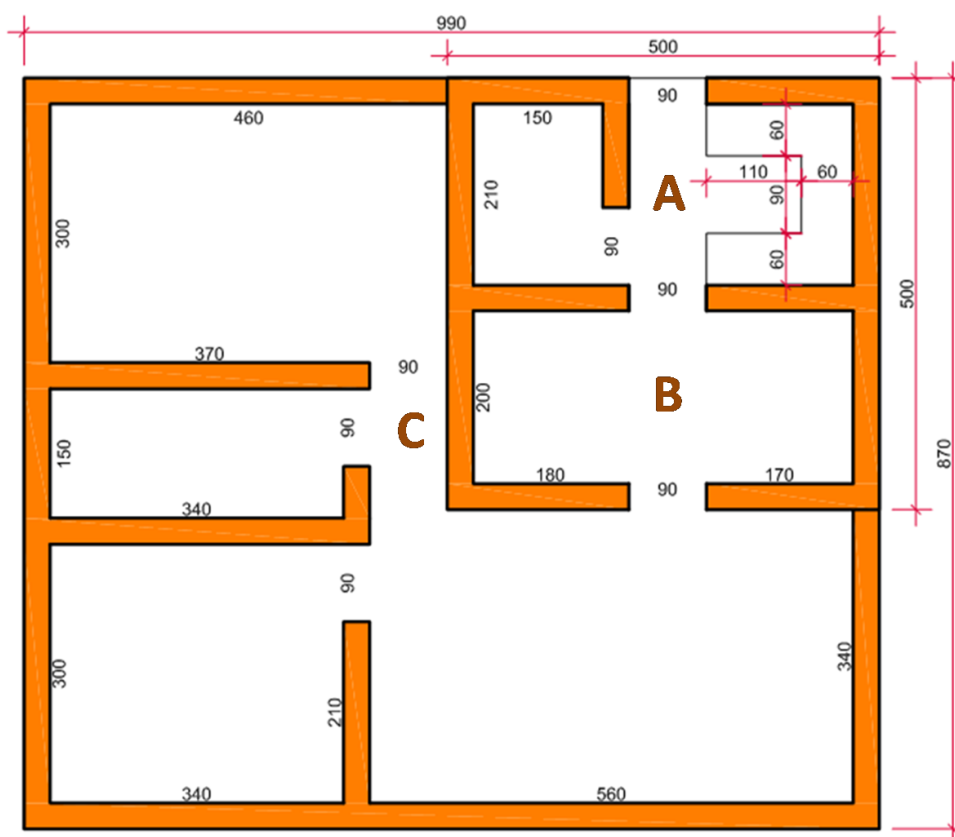
O processo construtivo hiperadobe é um tipo de construção com terra-ensacada em que se utilizam sacos contínuos de malha Raschel de PEAD (MOTA, 2010). Um protótipo em hiperadobe foi desenvolvido em módulos para atender aos dois últimos tipos de abrigo da recuperação pós-desastres.

O hiperadobe foi considerado ideal em função do caráter estrutural das paredes, da baixa tecnologia necessária à construção, uso de material local (terra), número reduzido de materiais externos (bobina de malha), baixa quantidade de resíduos após a demolição e possibilidade de aplicação de acabamentos para se obter uma moradia definitiva.

2. DESCRIÇÃO DO PROGRAMA

O programa de necessidades dos desabrigados levou à concepção de uma tipologia em módulos a fim de atender as necessidades de uma família de duas a quatro pessoas nos dois momentos descritos. O primeiro módulo (A) prevê um banheiro e um quarto com espaço para uma cama de casal, com prateleiras sobre a cama, o segundo módulo (B) prevê a adição da cozinha, o terceiro módulo (C) prevê a adição de uma sala, dois quartos e mais um banheiro.

Figura 1: Tipologia para atendimento pós-desastre, em três módulos.



Fonte: autoral, 2013; HOFFMANN, 2013.

O projeto seguiu as recomendações dos autores citados no referencial, bem como das normas internacionais de construção com terra:

- ASTM INTERNATIONAL. E2392 / E2392M - 10e1 Standard Guide for Design of Earthen Wall Building Systems, 2010.
- NZS4297:1998 Engineering Design of Earth Buildings, 1998.
- NZS4298:1998 Materials and Workmanship for Earth Buildings, 1998.
- NZS4299:1998 New Zealand Standard, Earth Buildings not requiring Specific Design, 1998.

Por limitações de tempo e recursos, foram executados somente os módulos A e B, cujas especificações encontram-se na Tabela 1:

Tabela 1 - Especificações dos módulos A e B.

Item	Descrição	
Compartimentos	Sala/cozinha (social/serviço), banheiro (higiene), dormitório (íntimo).	
Dimensões dos compartimentos	<u>Compartimentos</u> <u>Área (m²)</u>	
	Banheiro	3,15
	Dormitório	3,57
	Sala/cozinha	8,8
	Circulação	1,9
Pé-direito	2,20 m na cozinha e banheiro, 2,50 m no restante.	
Área da unidade	25 m ²	
Área interna	17,5 m ²	
Passeio	0,50 m no perímetro da construção	

Fonte: autoral, 2013.

3. PROCESSO CONSTRUTIVO

O processo construtivo escolhido foi o hiperadobe. Hiperadobe é o nome dado a uma dos processos construção com terra ensacada. Nesse processo a terra é ensacada em sacos contínuos de malha de PEAD. Este processo foi desenvolvido pelo engenheiro civil brasileiro Fernando Pacheco em 2010 (MOTA, 2010).. Trata-se de uma variação do processo construtivo superadobe, desenvolvida pelo arquiteto iraniano Nader Khalili na década de 1980 e patenteada em 1999 (KHALILI, 1999). Cabe dizer que apesar de Khalili ter sido possivelmente o maior divulgador de processos de construção com terra ensacada, Gernot Minke já possuía trabalhos em terra ensacada desde 1975 (MINKE, 2000).

O processo construtivo envolve preencher os sacos contínuos com terra já na posição pretendida e depois estabilizar mecanicamente, por meio da compactação (apiloamento) até obter uma taxa de compactação satisfatória, onde a terra dentro da sacaria passar a se comportar como um bloco.

Para a fundação, ou seja, as primeiras quatro fiadas, foi usada uma mistura de solo-cimento na proporção volumétrica de um para quatro (1:4), para conter a umidade vinda do solo por capilaridade. Essa mesma mistura foi usada para as últimas duas fiadas, que fazem as vezes de cinta de amarração.

As paredes foram feitas com terra crua, uma vez que a terra disponível respondeu positivamente aos testes de solo descritos por Minke, 2000.

Para o reboco do quarto foram aplicados três traços de reboco de terra. Na parede do fundo da casa usaram-se os traços Fat plaster e Thin Plaster (reboco gordo e reboco magro) descritas por Hunter e Kiffmeyer, 2004. Esses autores sugerem o uso de três tipos de palha de tamanhos variados, cola de farinha e bórax.

Após o emboço e o desempenho, foi feito um acabamento por fricção com uma pedra arredondada. Para selar, foi usada sua receita de cola de leite. Para a parede da janela e a parede compartilhada com a sala foi usada a receita de Soares, 2007, que adiciona cal e óleo de linhaça à massa de terra-cal, Figura 2:

Figura 2: Evolução dos rebocos de terra.



Fonte autoral, 2014.

Para a cobertura, foi feito uso das telhas de material reciclado (recorte de tubo de pasta de dentes), pois têm preço similar às telhas de fibrocimento, possuem menor custo anual, oferecem maior conforto térmico, acústico e mesmo lumínico, já que permitem a inserção de túneis de luz com telhas transparentes ou de garrafa PET.

As especificações da técnica construtiva adotada encontram-se na tabela 2:

Tabela 1 - Especificações do sistema construtivo.

Elemento	Especificação
Fundações	Sapata corrida em hiperadobe estabilizado mecânica e quimicamente pela adição de estabilizante (cimento) proporção 4:1.
Estrutura e vedação	Elemento vertical em hiperadobe (Terra ensacada estabilizada mecanicamente)
Instalações hidráulicas e elétricas	Tubulação e eletrodutos em PVC, fiação de 2mm em cobre revestido.
Amarração	Cinta de amarração em hiperadobe estabilizado quimicamente através da adição de 10% de cimento à terra e mecanicamente através da compactação. (descrever)
Vergas e contravergas	Moldura em madeira para as portas, moldura em concreto armado para as janelas.
Esquadrias	Janelas de alumínio e portas de madeira.
Pisos/soleiras	Piso cerâmico e soleiras de pedra.
Revestimentos de alvenarias	Azulejo até 1,50 m de altura nas paredes hidráulicas e box.
Acabamento	Reboco interno e externo com pintura PVA no restante.
Mobiliário embutido	Pias de aço inox, prateleiras de madeira.
Cobertura	Telha de material reciclado (recortes de tubo de pasta de dente)

Fonte: autoral, 2013.

4. RESULTADOS

O protótipo foi construído em um mês, sendo que a fase de acabamentos demandou outros dois meses. A evolução da fachada pode ser vista na Figura 3:

Figura 3 - Evolução da fachada.



Fonte autoral, 2014.

Para as janelas foram usadas molduras de concreto que servem de pingadeira e esquadrias de alumínio, para as portas foram usadas molduras, quadros e portas de madeira.

Optou-se por manter as tubulações das instalações hidráulicas expostas, para prevenir que eventuais vazamentos pudessem vir a comprometer a integridade das paredes de terra, Figura 4:

Figura 4: Instalações hidráulicas.



Fonte autoral, 2014.

O custo aproximado da obra foi de R\$ 30.000,00. O custo por área construída foi menor do que o esperado para a região, como pode ser visto na tabela 3:

Tabela 3 – Custos aproximados

Custos	Valores
Material	R\$ 10.000,00
Mão de obra até a cobertura	R\$ 7.000,00
Mão de obra acabamentos	R\$ 9.000,00
Total	R\$ 26.000,00
R\$/m ²	R\$ 1.000,00 aprox.
CUB da região RP1-Q 03/2014	R\$ 1.043,18
CUB da região R1 03/2014	R\$ 1.278,15

O protótipo foi finalizado em fevereiro de 2014 e vem demonstrando desempenho satisfatório. Não foram observados problemas descritos na literatura como mofo na fase de secagem das paredes nem de descolamento do reboco convencional.

A maior dificuldade encontrada foi na contratação e no treinamento da mão-de-obra. Estima-se que com uma mão-de-obra bem treinada, os custos e o tempo da obra seriam sensivelmente reduzidos. O conforto térmico, no entanto, é notavelmente alto, assim como o isolamento acústico.

5. REFERÊNCIAS

- ASTM International: **Standard Guide for Design of Earthen Wall Building Systems**. E2392 M-10. Pennsylvania 19428-2959, United States, 2010.
- BIRCH, Eugenie; WACHTER, Susan (Ed.). **Rebuilding urban places after disaster: lessons from hurricane Katrina**. Univ of Pennsylvania Press, 2006.
- HIRANO, S. **Learning from the urban transitional shelter response in Haiti**: Lessons from CRS's 2010–2012 postearthquake activities. [Online]. [2012?]. Disponível em: < http://sheltercentre.org/sites/default/files/haiti_shelter_response.pdf>. Acesso em: 20/04/2013.
- HUNTER, Kaki; KIFFMEYER, Donald. **Earthbag building**: the tools, tricks and techniques. New society publishers, 2004.
- KHALILI, Ebrahim Nader. **Earthquake resistant building structure employing sandbags**. U.S. Patent n. 5,934,027, 10 ago. 1999.
- MINKE, Gernot. **Earth construction handbook: the building material earth in modern architecture**. WIT Press; Computational Mechanics, 2000.
- MOTA, M. **Hiperadobe passo a passo**. [Online]. [13/01/2010]. 32 slides, color, acompanha texto. Disponível em: < <http://pt.slideshare.net/michelemota/hiperadobe>>. Acesso em: 20/08/2014.
- SNZ: **Engineering design of earth buildings**. NZS 4297:1998. Wellington: Standards New Zealand, 1998.
- SNZ: **Materials and workmanship for earth buildings**. NZS 4298:1998. Wellington: Standards New Zealand, 1998.
- SNZ: **Earth buildings not requiring specific design**. NZS 4299:1999. Wellington: Standards New Zealand, 1999.
- SOARES, André. **Soluções Sustentáveis–Construção Natural**. Goiás, Ecocentro IPEC, 1ª edição, 2007.
- VALENCIO, Norma. **O sistema nacional de defesa civil (SINDEC) diante das mudanças climáticas: desafios e limitações da estrutura e dinâmica institucional**. In: Valencio et al, 2009. Sociologia dos desastres - construção, interfaces e perspectivas no Brasil. Versão eletrônica (PDF) São Carlos: RiMa Editora, 2009.

6. AUTORIA

Clarissa Armando dos Santos cursa o mestrado no programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Santa Catarina, é formada em Engenharia Florestal pela Universidade de Brasília, trabalhou em gestão ambiental na empresa de construção civil Sulcatarinense MACBC Ltda; em licenciamento ambiental do IBAMA-DF; e com educação ambiental para comunidades carentes.

Lisiane Ilha Librelotto é graduada em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Maria (1995), mestra e doutora em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina (1999 e 2005). Foi professora da Universidade do Sul de Santa Catarina e Universidade do Vale do Itajaí nos cursos de Engenharia Civil, Arquitetura e Design. Hoje, é professora Adjunta da UFSC, no curso de Arquitetura e Urbanismo.

Aniara Bellina Hoffmann cursa o mestrado no programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Santa Catarina (PÓSARQ/CTC/UFSC), possui graduação em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade do Sul de Santa Catarina (2007). Tem experiência na área de Arquitetura e Urbanismo.

MORADIAS ECOLÓGICAS – CONSTRUÇÃO COM TERRA

ALMADA - PORTUGAL

Pedro Correia

A ideia de que a construção com terra é precária e digna apenas para as classes mais desfavorecidas, é de todo uma falsidade. Com a apresentação deste projeto e obra, dar-vos-emos a conhecer o que no outro lado do Atlântico, no hemisfério Norte deste que é nosso e belo planeta, se constrói.

Utilizando a terra como material protagonista, e sendo os nossos objetivos principais a eficiência energética, a utilização de materiais ecológicos, uma pegada ecológica baixa e uma construção económica, é possível construir com a qualidade máxima, com o aspeto vigoroso do nosso tempo, bem como, satisfazendo os gostos dos seus habitantes, fatores que só uma casa de classe A+ pode comprovar.

Acreditamos que os novos descobrimentos são o fazer mais com menos, o fazer tudo o que queremos e necessitamos, mas a par com a Natureza. Um dia, todos os materiais que usaremos serão reciclados diretamente na Natureza! Por si, por nós e pela Natureza!

1. PROGRAMA

Este projeto consistiu na idealização e construção de uma casa ecológica para mãe e filha, duas pessoas de gerações diferentes com gostos e maneiras de estar na vida, muito divergentes.

Trabalhando com algumas limitações na área de implantação, dado que só era permitido construção numa pequena parte do terreno, foi possível criar 2 moradias unifamiliares, num terreno com inclinação sul – norte, o que no hemisfério norte nos colocava em situação desfavorável, visto que o sol do meio-dia se encontra a sul.

Optou-se então por projetar uma das casas enterrada, virada a norte, pois desta forma era possível utilizar fisicamente e visualmente a maior área do terreno, sem no entanto interferir com a privacidade desejada pelos utentes. Contudo, para isto, seria necessário uma adequada capacidade de introdução de luz solar na casa enterrada.

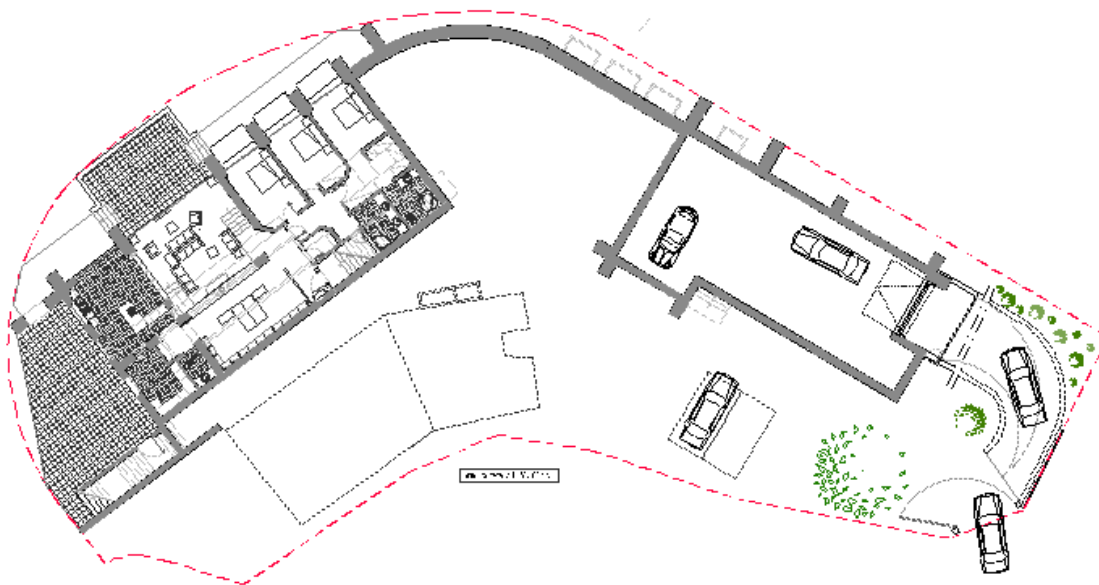


Imagem 1: Planta geral piso -1.

2. PARTIDO ADOTADO

Todo o projeto foi idealizado de forma a poder ser aproveitada a energia que a Natureza nos oferece gratuitamente, nomeadamente a energia do sol, que conjugada com sombra e espaços ensolarados, vegetação e declives do terreno, nos permitem adquirir, energia, através de meios passivos, para aquecer, arrefecer e ventilar as construções.

Os materiais aplicados foram selecionados cuidadosamente, após uma atenta análise de vários fatores, como a sua origem, o custo energético e custo final, e as compatibilidades entre eles, tendo em vista uma utilização contínua ao longo dos anos com o mínimo de patologias possível.

3. TÉCNICA DE CONSTRUÇÃO

O sistema construtivo é composto por alicerces em betão armado, sendo esta característica essencial à estabilização de toda a estrutura, tendo em conta a atividade sísmica a que Portugal está sujeito.

Na fundação são chumbados reforços de madeira de pinho nacional, bem como introduzidas todas as pré-instalações de infraestruturas necessárias, nomeadamente tubos de queda, e todo o sistema de tubos que constituem o sistema de ventilação natural, entre outros.

Posteriormente são instaladas as cofragens e inicia-se o trabalho de produção e aplicação do Barrocal®, começando a construir-se as paredes autoportantes dos edifícios.

No início da obra, tal como se pode ver na imagem 2, a introdução da argamassa era realizada em alturas de 1 metro. Porém, após algumas alterações na composição e tempos de execução, foi possível executar as cofragens, introduzir a argamassa e descofrar (após 3 dias) em alturas de 2,5 metros de altura.

Uma viga de bordadura em betão armado é realizada no topo superior da parede de Barrocal®, o que pretende cintar toda a construção, bem como, integrar os reforços de

madeira, entretanto introduzidos nas paredes.

As janelas e portas exteriores são reforçadas com tijolo térmico e acústico, ou outro, de forma a se poder, com mais facilidade, fixar aduelas em pedra e fixar caixilharias de madeira ou de alumínio. Todos os vãos das portas interiores são cofrados com aros de madeira que ficam na construção servindo para fixar as aduelas e portas (imagem 3).

A argamassa de recobrimento de todas as paredes exteriores e interiores é composta pela mesma formulação que o Barrocal® constituinte nas paredes, com uma única diferença, o tamanho da fibra incorporada - palha.



Imagem 2: Cofragem e Barrocal®.



Imagem 3: Aros em madeira de portas interiores, tubagens para ventilação natural e reforços estruturais de madeira. Ao fundo à esquerda, reforço de vão de porta exterior em tijolo térmico e acústico.

Todavia, a argamassa de revestimento final difere entre interior e exterior, na sua capacidade de ser hidrófuga, assim no interior é aplicada argamassa de cal aérea não hidrófuga numa espessura de 0,5 cm, enquanto no exterior é aplicada uma camada de 1 cm de argamassa de cal aérea hidrófuga seguida de outra de argamassa de cal não hidrófuga, esta última apenas por nos dar mais tempo para acabamentos.

A pintura preconizada é a caiação com aplicação final de silicato de potássio porém a aplicação de tintas à base de cal e silicatos são, também, viáveis

O sistema de ventilação das construções foi desenhado de forma a poder utilizar-se a diferença de pressão existente entre fachadas opostas, ao sol e à sombra. Para isso, foi programada, em ambas das casas, um espaço inferior, ao pavimento térreo, destinado a funcionar como caixa-de-ar, local onde todo o ar fresco entra na construção. Deste local, o ar fresco, sem qualquer auxílio mecânico ou elétrico, é encaminhado por dois circuitos independentes para vários locais essenciais, para a caixa-de-ar na cobertura e para cada um dos compartimentos da moradia.

A caixa-de-ar na cobertura constitui o elemento essencial para a manutenção térmica e controlo da humidade da casa. Todo o sistema está ininterruptamente em funcionamento, porém com diferentes velocidades de deslocação do ar, devido ao movimento do sol e às condições climatéricas. O sistema pode ser auxiliado por meios mecânicos caso se deseje.

O ar fresco que chega a cada um dos compartimentos tem a possibilidade de ser regulado, de forma a gerir-se mais eficientemente o fluxo de ar para as partes da casa mais usadas. Em cada compartimento, no teto, encontra-se um tubo de saída que desemboca na caixa-de-ar da cobertura. Todo o ar que se dirige para a cobertura tem saída natural em locais mais elevados da cobertura completando, desta forma, o ciclo de ventilação natural das duas casas.

Quanto ao aquecimento, necessário apenas no inverno, as paredes de trombe são elemento utilizado, a par da capacidade da parede em Barrocal® (terra), de captar energia do meio envolvente através de uma característica, a inércia térmica.

Portugal tem amplitudes térmicas acentuadas entre o dia e a noite o que contribui para que a terra, como material construtivo, absorva cerca de um terço da energia que está na sua envolvente e em contacto direto, de noite frio e de dia calor. Cerca de 8 a 10 horas depois, um terço dessa energia começa a irradiar na face interior da parede o que nos leva a ter casas frescas de dia e casas “quentinhas” à noite.

A cobertura e os pavimentos das casas são feitos em madeira e isolados com cortiça, garantindo um isolamento de classe superior e evitando as tão comuns pontes térmicas.

3.1. Barrocal ®

O Barrocal® é o material de eleição neste projeto. É um produto exclusivo desenvolvido e testado pela COMTERRA Eco-Arquitecturas e é o resultado da procura por um material com, apenas, as características positivas que a construção com terra tem: recurso em abundância, permeabilidade ao vapor de água, inércia térmica e a capacidade de ser utilizada por qualquer pessoa. Esta nova técnica de construção oferece uma solução ecológica alternativa às construções tradicionais, quer vernaculares quer outras, hoje mais comuns. Com o Barrocal® é possível executar paredes autoportantes ou mistas, armadas ou não, com diversos materiais, seja na construção de edifícios até 2 pisos, sem recorrer a estruturas complementares, ou muros. No projeto apresentado, o Barrocal® materializa-se em paredes exteriores de 50 cm de espessura e interiores de 20 a 30 cm.

Com muitas vantagens, este material económico e técnica construtiva, produz componentes de elevada qualidade e com características impressionantes, algumas já presentes na construção com terra, permeabilidade ao vapor de água e a inércia térmica, e outras que permitem que seja adotada e aplicada nos nossos tempos, um notável isolamento térmico e acústico, capacidade de construção muito rápida, possibilidade de estar à chuva sem

qualquer tipo de proteção, possibilidade de adaptação a outros materiais, compatibilidade com outros materiais e com reabilitações onde a terra, a pedra, a madeira, o tabique, a taipa de pilão, o adobe ou o BTC são predominantes, além de um excelente comportamento face a atividade sísmica. Esta técnica revela-se uma excelente escolha com eficiência energética de classe A e A+.

Imagem 4: Casa enterrada em construção onde se vê a parede autoportante de Barrocal®.



Barrocal® é um material totalmente ecológico e diretamente reciclável na natureza. Em caso de desperdício em obra pode ser incorporado numa nova argamassa, no momento ou nos dias seguintes, mesmo quando se encontra já seco, ou, em alternativa, pode ser misturado no solo do terreno sendo bastante benéfico para solos ácidos.

Até ao momento, o Barrocal® é sempre executado em obra, utilizando o próprio solo do terreno (entre 5 a 100%), ao qual se adicionam os restantes componentes: o estabilizador de terra (10%), a palha (30% do volume) e a água (variável conforme a quantidade existente na terra do local e/ou dos inertes incorporados). No presente caso, as características do solo revelaram muito silte e pouca argila montmorillonita, havendo a necessidade da introdução de areia com vestígios deste material argiloso.

Após feitos vários testes de sedimentação verificou-se a média da percentagem de cada material, entre os quais a argila. Este material, Barrocal®, aceita diferentes percentagens de argila e a argila montmorillonita é a desejada, pois reage instantaneamente com o ET.

Para averiguar a qualidade da argila em questão, fez-se um teste com a argila retirada do teste anteriormente executado e cal aérea em pasta. Este tipo de cal ao entrar em contacto com a argila referida reage instantaneamente formando, visualmente, uma consistência semelhante ao iogurte. Este “iogurte” será mais líquido quanto maior for a partícula constituinte da argila, mas sendo montmorillonita reagirá sempre desta forma.

Mediante as características de reatividade visualizadas neste teste (em que se averigua a necessidade ou não de incorporar inertes do exterior) e após verificadas as percentagens existentes, executam-se testes de retração com provetes de 50x50x50cm. O objetivo é saber o comportamento da argamassa a uma escala mais aproximada do real dado que é da nossa experiência que as argamassas de terra têm comportamentos diferentes consoante a escala do provete/bloco/adobe.

Então, realizaram-se provetes de Barrocal® com percentagens diferentes de solo do terreno, com variações de 10 em 10%, tendo como objetivo verificar o que melhor se comporta à retração, com o maior volume de terra possível.

Esta técnica construtiva executa-se de forma muito semelhante ao betão armado sendo necessárias cofragens onde se despeja a argamassa, que pode ser mecanicamente vibrada ou não, dependendo se se pretende maior rigidez ou maior isolamento. Após um período de apenas 3 horas, em condições de humidade e temperatura ótimas, procede-se à desconfragem. Todo este processo é rápido, desde a produção da argamassa, à execução de uma parede e posterior desconfragem, diminuindo muito o tempo de execução em obra.

Finalmente é importante referir que, tratando-se de uma técnica de fácil execução, é natural que os trabalhadores da construção, de qualquer parte do mundo, rapidamente se adaptem a este processo de produção e construção, o que comprova a sua contemporaneidade.

Imagem 6: Fotografia da casa já terminada.

Imagem 5: Divisão com paredes em tosco, construídas em barrocal.

Vídeo explicativo da execução da argamassa Barrocal® em obra:

www.youtube.com/watch?v=P-1qkEuUQGM





Pedro Correia – Arquiteto, Lisboa, Portugal

Licenciado em Arquitetura pela Universidade Lusíada e Pós-graduado em Reabilitação da Arquitetura e Núcleos Urbanos pela Universidade Técnica de Lisboa, cedo sentiu o desejo de inovar na área da sustentabilidade, o que o levou a desenvolver protótipos de materiais e sistemas construtivos, materializando-os nas obras que projetou e construiu, detendo as patentes internacionais de materiais como o Suberlyme® e Cimento verde/Barrocal®. O seu objetivo é a Eco Eficiência!

Venha conhecer-nos melhor em:

issuu.com/pedrocorreia_arq,

www.comterra.pt

DOSSIÊ DE CONSERVAÇÃO E RESTAURAÇÃO: PROPOSTA DE INTERVENÇÃO PARA EXEMPLAR DA ARQUITETURA VERNACULAR DE CACHOEIRA DO CAMPO

Fernanda dos Santos Silva e Julia Isenschmid

Este trabalho tem por objetivo relatar o projeto de conservação e restauração proposto para edificação residencial localizada no distrito de Cachoeira do Campo. (Figura 1)



Figura 1 Fachada principal. Foto de Fernanda Silva, 2013.

Localizada na Rua Tombadouro, a edificação encontra-se em local de relevância histórica uma vez que se trata de uma rua de grande influência na formação do distrito. Esta era o principal acesso entre Ouro Preto e Cachoeira do Campo durante os séculos XVIII e XIX e ainda é possível ver reminiscências construtivas da tipologia tradicional desse tempo.

As recentes mudanças na arquitetura de Cachoeira do Campo têm contribuído para a quase extinção da tipologia arquitetônica que apresenta essa edificação e, sobretudo, dos sistemas construtivos e técnicas tradicionais no uso da terra. Assim justifica-se a necessidade de apresentar medidas de restauração visando sua permanência como documento histórico, arquitetônico, artístico e cultural de um tempo.

O projeto seguiu uma metodologia dividida em três etapas: Na primeira parte são analisados os contextos históricos de Cachoeira do Campo, do entorno e da casa. Ainda são abordados os aspectos socioculturais, geográficos, urbanos e arquitetônicos. Definimos como área de entorno o começo da Rua Tombadouro até as ruínas da Pousada Tombadouro no fim da rua. Nesta etapa ainda estão inseridos dados formais, estilísticos e construtivos do objeto de estudo. Na segunda parte é apresentado o levantamento arquitetônico (composto por plantas, cortes e elevações) e fotográfico. Na terceira etapa foi realizado o mapa de danos e

o diagnóstico para direcionar sua futura intervenção e propor um partido a ser adotado na resolução das patologias.

O edifício apresenta técnicas construtivas variadas e algumas intervenções posteriores. Há uma fundação inicial e um cômodo anexado posteriormente. (Figura 2). O adobe é a técnica mais aplicada, inclusive no anexo posterior (Figura 3). Toda vedação diferente do adobe é fruto de intervenções posteriores e em alguns pontos incompatíveis, causando danos na edificação. O adobe tem dimensões variadas, contudo em torno de 30 centímetros de largura por 15 de altura e 10 de profundidade, mesmo na cozinha, cômodo acrescentado posteriormente, o adobe segue as mesmas dimensões. (Figura 4). O solo aplicado, abundante na região, tem propriedades eficientes para o uso. A fundação é em alvenaria de pedra argamassada. E o sistema estrutural é de madeira, ou seja, não se trata aqui de um sistema de vedação autoportante.



Figura 2 Fachada Posterior cômodo posterior para uso como cozinha. Foto de Fernanda Silva, 2013.

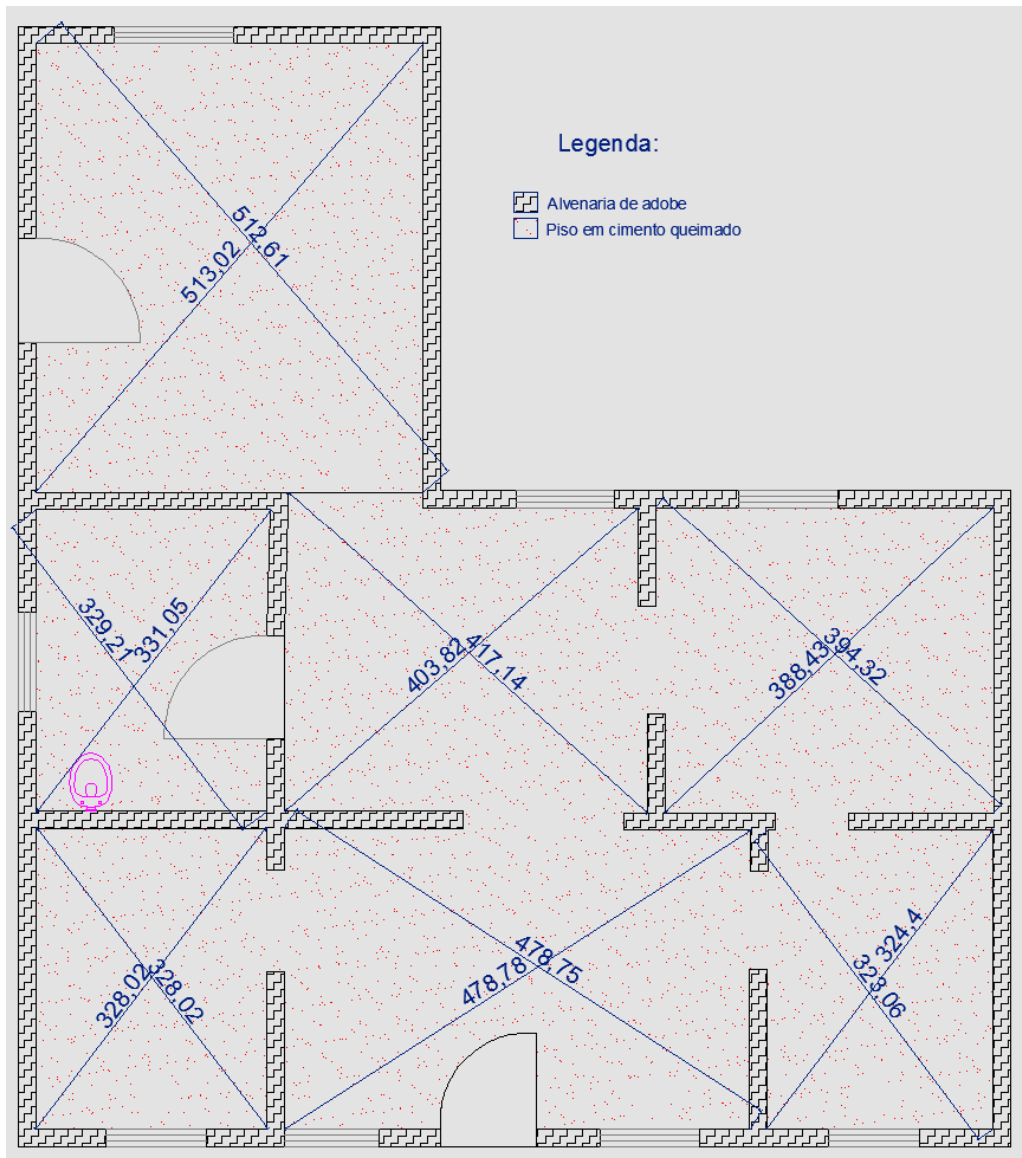


Figura 3 Planta Falada. Elaborado por Julia Isenschmid, 2013.



Figura 4 Detalhe do suporte em adobe e argamassa de assentamento em terra evidentes sobre reboco de terra e cal hidráulica. Foto de Fernanda Silva, 2013

A argamassa tanto de assentamento do adobe quanto da fundação em pedra também é feita a base de terra, e no revestimento apresenta cal hidráulica como aglomerante. Na fachada posterior é possível encontrar tijolo queimado e tijolo concreto em locais pontuais (Figura 5).



Figura 5 Presença da terra no adobe, tijolo queimado (peitoril), argamassa de assentamento e revestimento. Foto de Fernanda Silva, 2013.

As telhas são capa-canal e o telhado de duas águas, tanto no volume principal quanto no anexo. Os caibros e ripas em varas de madeira bruta compõem a estrutura do telhado desde a cumeeira até a base. O forro é de esteira de taquara. O piso é de cimento queimado e as janelas são de madeira com verga reta e uma folha, com fechaduras de tremula também em madeira. As portas também são de madeira com exceção da porta de entrada, de ferro.

Construída no início do século XX a família relata que foi usada para moradia por três gerações, mas atualmente é utilizada como depósito de lenhas e ferramentas, e fica sob os cuidados de um vizinho. Em decorrência da falta de uso e conservação sua estrutura foi-se comprometendo de maneira que apresenta alto grau de degradação e requer medidas urgentes de intervenção.

Há a necessidade da substituição das telhas, que em decorrência da falta de manutenção provocam infiltrações e comprometem o forro, a estrutura de madeira e a estrutura de vedação das paredes, em adobe, que já apresentam estufamentos, trincas e fendas.

O diagnóstico identificou que a força exercida pelo telhado tem provocado rachaduras, trincas, fendas e a perda do material de suporte utilizado –adobe- e configura-se, sobretudo na fachada posterior. O esquema abaixo identifica os pontos como estão evidentes. Nota-se que a perda da argamassa de revestimento já ocupa grandes dimensões deixando o adobe exposto. (Figura 6).

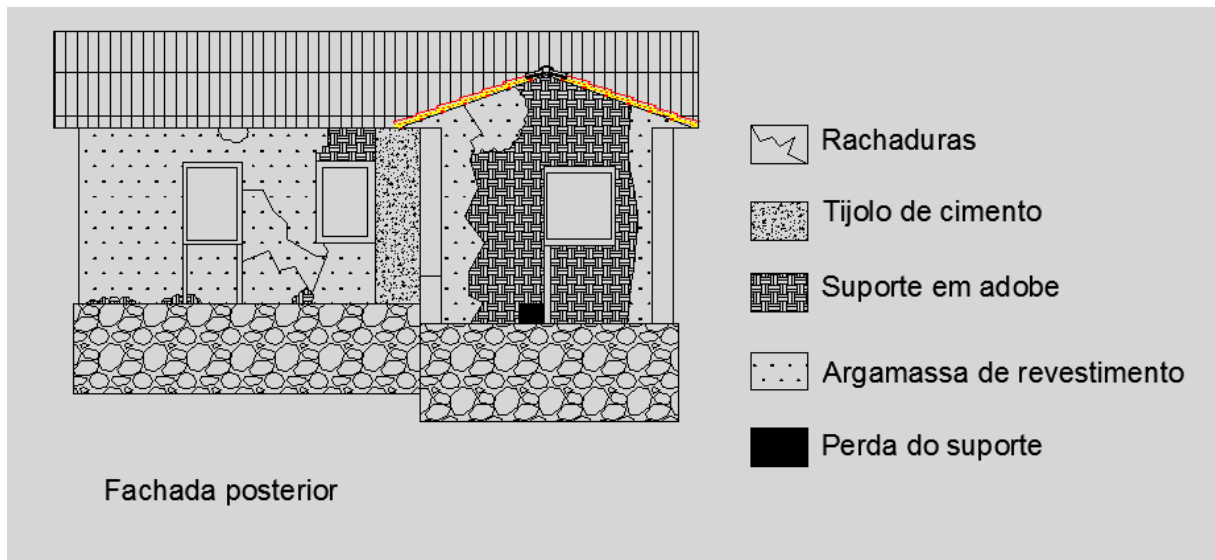


Figura 6 Fachada Posterior. Esquema representativo das técnicas utilizadas e patologias encontradas. Elaborado por Fernanda Silva, 2013.

Assim uma das propostas sugeridas foi a consolidação e escoramento das paredes. Retirada dos materiais incompatíveis à técnica de adobe como cimento e blocos de concreto, e refazimento das partes faltantes com a técnica original da construção, de maneira que se evite a incompatibilidade dos esforços e do trabalho dos materiais e o comprometimento da estrutura.

Ainda com relação ao uso da terra nas técnicas foi sugerida a limpeza da base de pedra seguida de um reforço de argamassa de barro, uma vez que a exposição das lacunas entre as pedras permite o desenvolvimento de ataque biológico e acúmulo de lixo.

As edificações residenciais são bases para as tipologias das cidades e para o imaginário coletivo que as compõem. Através das casas podemos ter uma leitura do processo de ocupação da região, dos usos, das técnicas mais usadas, e conseqüentemente do processo cultural e econômico que envolve esse povo.

Visto que técnicas tradicionais de terra têm sido cada vez mais superadas pelas novas tecnologias, mais acessíveis e baratas, é tão importante o registro de certos exemplares e o resgate do uso desses métodos para que não ameacemos nossa história, nossa memória e nossos modos de fazer.

Autoras:

Fernanda dos Santos Silva é historiadora formada pela Universidade Estadual Paulista e graduanda em Tecnologia da Conservação e Restauro pelo Instituto Federal de Ouro Preto.

Julia Isenschmid é graduanda em Tecnologia da Conservação e Restauro pelo Instituto Federal de Ouro Preto.

FABRICAÇÃO DE TIJOLOS ECOLÓGICOS DE TERRA CRUA COM SOLO DA REGIÃO AMAZONICA

Fernanda Tunes Villani¹ Kleber da Luz Matos² Sara Adganiel A. de O. Silva³

1. CONTEXTUALIZAÇÃO

TIJOLOS ECOLÓGICOS DE TERRA CRUA COM SOLO DA REGIÃO AMAZONICA

A construção civil é atualmente, apontada como responsável pela extração de grandes partes dos recursos naturais do planeta consumidos pela humanidade. Nesse sentido, a utilização de materiais construtivos não-convencionais como a terra, surge como alternativa para edificações mais amigáveis com o meio ambiente.

A terra é desde os tempos remotos um dos principais materiais de construção usado pelo homem. Diversos estudos arqueológicos atestam que existem construções em terra há aproximadamente dez mil anos.

Segundo o arqueólogo Cláudio Torres, que fala da ancestralidade da construção em terra em seu artigo, "A Memória da Terra": *"Seja seguindo com rigor as velhas tradições, seja experimentando novas técnicas, a construção em terra parece imparável, abrindo perspectivas insuspeitas na economia de meios, na qualidade ambiental e mesmo na variedade e equilíbrio de volumes, tão necessários a uma requalificação da nossa arquitetura"*.

O tijolo é matéria prima básica na construção civil, independente do tipo de construção ou mesmo local, em algum momento ele se fará presente. O tijolo ecológico com terra crua é diferente do tijolo convencional porque não precisa ser cozido em fornos, sem lenha também não há fumaça e, por consequência, não há emissão de gases de efeito estufa. Sua composição é formada por solo, água estrume e palha.

Também podem ser incorporados na composição os resíduos das construções o que viabiliza a prática da sustentabilidade. Podem ser produzidos tijolos maciços, tijolos modulares com encaixe, canaletas, placas de revestimento e até elementos decorativos.

O maior incentivo da sua utilização vem do fácil manuseio e produção, podendo tornar-se um meio de renda para aqueles que tiverem mais acesso aos componentes utilizados e domínio da técnica.

PRODUÇÃO DOS TIJOLOS ECOLÓGICOS

Na cidade mineira de Baldim os habitantes fabricam há anos tijolos com uma mistura de areia, argila, palha e estrume fresco de gado ou cavalo. Então aplicamos essa tecnologia no território amazônico, com o solo local observando seu desempenho.

As dimensões recomendada para o tijolo são que o comprimento seja igual a duas vezes a largura, e a altura próxima a medida da largura, por exemplo: 20cm de comprimento, 10cm de largura e 10cm de altura.

Levando em consideração a quantidade em que se deseja produzir, pode se fazer necessário o uso de betoneira para realizar uma mistura mais homogeneia.

As formas a serem utilizadas podem ser metálicas ou de madeira, contando que o seu interior seja liso para facilitar a desforma.

2. RESULTADOS OBTIDOS PELO ENSAIO DE COMPRESSÃO, E CALCULO DE TENSÃO SUPOSTADA PELOS TIJOLOS.

Segue a lista dos solos usados, além do estrume, da água e da palha, que foram empregados em todas as misturas.

Argila Vermelha - Lato Solo Vermelho

- Resistência a Compressão, carga de Ruptura: 1.940 kgf.
- Tensão de Compressão: 8.016 kgf./cm²

Argila Branca – Caulinita + Lato Solo Amarelo

- Resistência a Compressão, carga de Ruptura: 1.940 kgf.
- Tensão de Compressão: 8.016 kgf./cm²

Argila Vermelha – Saibro Vermelho

- Resistência a Compressão, carga de Ruptura: 1.940 kgf.
- Tensão de Compressão: 8.016 kgf./cm²

3. FIGURAS DOS PROCESSOS DE PRODUÇÃO



Figura 1 – Desforma do tijolo, na prensa manual



Figura 2 – Capeamento dos corpos de prova para o ensaio de compressão



Figura 3 – Ensaio de compressão



Figura 4 - Tijolos após o ensaio

Curriculum dos autores

1. Professora Doutora Fernanda Tunes Villani: Docente nas matérias Química Geral; Química Orgânica; Química Analítica e História da Química no Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Amazonas – IFAM.
2. Professora Especialista Kleber da Luz Matos: Coordenador do curso de Tecnologia em Construção de edifício no Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Amazonas – IFAM.
3. Sara Adganiel A. de O. Silva: Aluna do curso superior de Tecnologia em Construção de Edifício no Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Amazonas – IFAM.

ESCRITÓRIO EM FAZENDA COM PAINÉIS AUTOPORTANTES EM TAIPA DE PILÃO

Autor: Arq. Fernando Cesar Negrini Minto

1. OS AUTORES

Os arquitetos autores deste projeto, Fernando Cesar Negrini Minto, e o arquiteto Rafael Oliveira são egressos do escritório Áurea arquitetura, um misto de Ateliê-escola com oficina de tecnologia, dirigido por Maxim Bucarechi, arquiteto mestre na arte da construção com terra, o que facilitou as tomadas de decisão neste trabalho. Construída com materiais naturais pouco processados, portanto de baixo impacto para o ambiente natural, esta obra é fruto de um desenho racional e busca eficiência energética e construtiva além de maior economia. Uma homenagem à técnica e à natureza.

2. O CONTEXTO

Embora ocupe a sétima posição em relação às áreas produtivas do Brasil, a região da cidade de Itapeva no Estado de São Paulo tem ganhado cada vez mais importância na cena econômica do país vista a crescente produção de grãos nos últimos anos. Numa destas fazendas produtoras - no município de Taquarivaí - a necessidade de reorganizar o espaço administrativo fez com que seus gestores procurassem um escritório de arquitetura para um projeto racional, funcional e verdadeiro. O verbete *verdadeiro* é evidência da postura e partido adotados pelos arquitetos. A escolha por sistemas construtivos que não escondem seus processos e características intrínsecas foi pautada no programa de necessidades levantado. Seguindo as premissas levantadas nas primeiras reuniões, a verdade de todos os materiais e das técnicas foi evidenciada e mantida.



Figura 1 - vista do escritório com silos ao fundo

3. O PARTIDO

Internamente o escritório é dotado de toda a infraestrutura tecnológica para execução produtiva das suas tarefas diárias, mas os volumes construídos mantêm – externamente – o vínculo simbólico com a dimensão rural. Além disso, diferente da exuberância de algumas casas sede de fazendas, este projeto integra de maneira discreta a edificação em sua paisagem. Uma das premissas importantes na opinião dos usuários do espaço era conseguir o máximo possível de transparência nas dependências internas. O projeto permitiu o contato visual entre todos que ocupam o escritório - com a exceção do auditório cuja função principal se afina a espaços isolados de interferências sonoras e visuais.

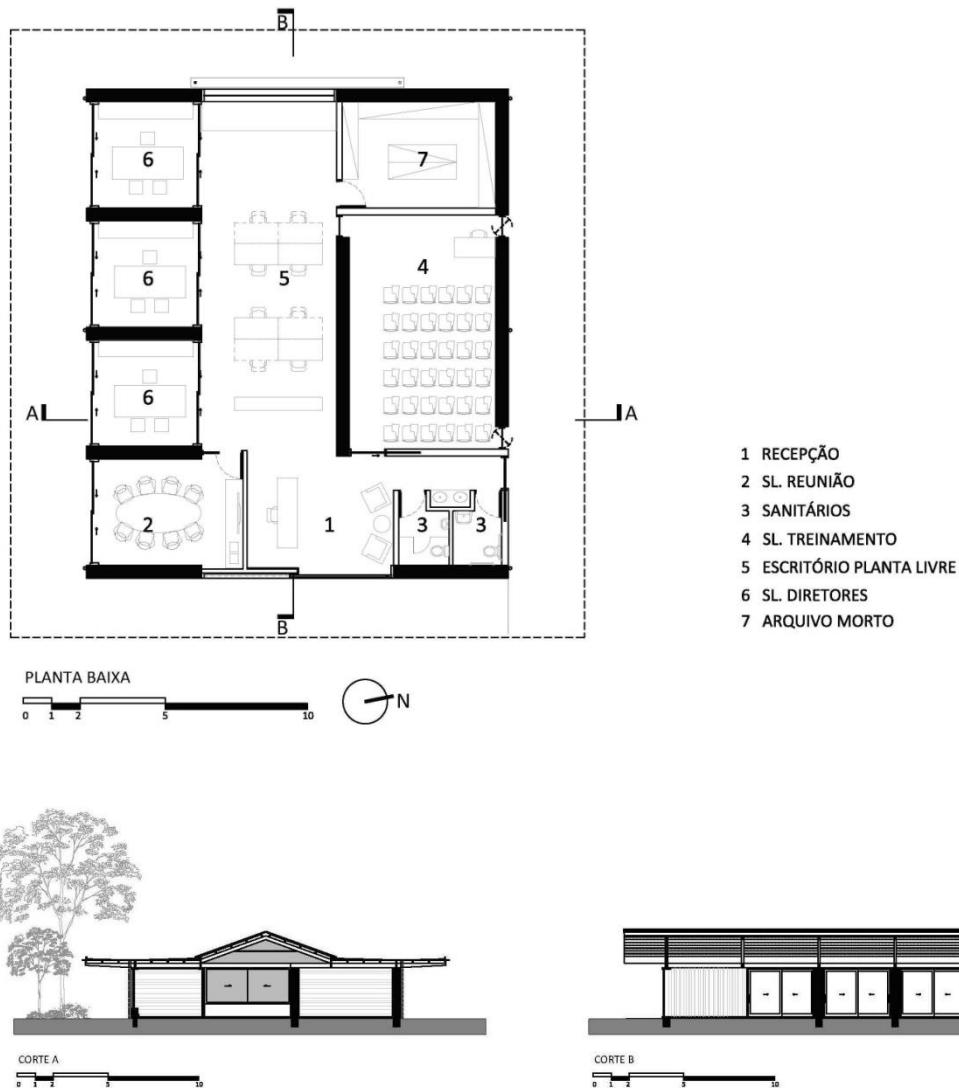


Figura 2 - Planta e cortes do projeto

A edificação foi locada num ponto estratégico, próximo dos silos de armazenamento e próximo, também, do grêmio dos funcionários da fazenda conformando importante centralidade para as atividades sociais e administrativas. Além disso, o lugar escolhido possibilita o acolhimento direto de quem visita a fazenda.

Como o desejo era a de abrir as dependências internas para a paisagem, optou-se por orientar os espaços de maior permanência onde estão as estações de trabalho, a diretoria e a sala de reunião para o sul, face com menor incidência solar direta. Com isso, o núcleo do auditório e do arquivo morto que são espaços mais fechados ficaram voltados para o Norte, que tem maior incidência solar. O desenho final da edificação se resume num espaço central onde ficam as estações de trabalho que tem uma abertura generosa com vista para a paisagem agradável da plantação e organiza todos os outros, ligados diretamente a ele e radialmente distribuídos.

4. O PROGRAMA

Composto por uma recepção com espaço para sofá de espera e banheiros; um salão com planta livre para a locação de estações de trabalho; salas para as diretorias; sala de reunião; uma sala para o arquivo morto e um pequeno auditório para cursos de formação para os colaboradores. Para o mobiliário do escritório a ideia era dotar com a capacidade de reposicionar as estações dependendo da situação e do número de pessoas trabalhando. O espaço das estações de trabalho possui flexibilidade pela mobilidade das estações,

suficiente para uma gama diversa de *lay outs*. O acesso principal é definido por uma grande porta de correr na parte frontal da edificação.

5. O CONCEITO

Na concepção do projeto de arquitetura, a obtenção da matéria-prima e a praticidade da construção foram definidores dos sistemas construtivos e conseqüentemente do desenho adotados. O projeto nasce da união de estruturas de taipa que servem como apoio para as peças de madeira laminada colada (MLC) da cobertura. A taipa, garantiu conforto, isolando o ambiente interno da amplitude térmica do exterior. Os painéis justapostos são suficientes para sustentar a cobertura que se apoia diretamente sobre os painéis, com reforço da ancoragem nas fundações por meio de cabos tensionados. O jogo estratégico na orientação dos painéis criou o ritmo da fachada sul e foi responsável por lacrar e isolar a face Norte.



Figura 3 - Fachada Sul

6. OS MATERIAIS

A taipa, também chamada de taipa de pilão no Brasil, é uma tecnologia ancestral, largamente utilizada em tempos passados no Estado de São Paulo. Esta foi aos poucos sendo substituída pelas alvenarias de tijolos no século XIX. Culturalmente, a arquitetura construída com terra crua foi cedendo espaço no imaginário da população e, por razões simbólicas e econômicas, hoje as estruturas de concreto armado e de blocos de concreto representam a grande maioria de ocorrências em obras por todo o Brasil. O escritório dos arquitetos autores do projeto busca o resgate desta cultura ancestral numa acepção contemporânea, trazendo junto com a técnica, a vontade de experimentar.



Figura 4 - Vista Interna



Figura 5 - Vista Interna

Todas as paredes são de taipa, com 45 cm de espessura e também são estruturais eliminando a necessidade de pilares. Estas estruturas em taipa, desde a fase de anteprojeto, foram assessoradas pela TAIPAL – construções em terra. Ao longo dos anos de trabalho a TAIPAL desenvolveu um sistema próprio na produção de estruturas em taipa com o uso de formas metálicas e a mecanização de todo o processo de produção. Os solos usados na construção dos painéis foram retirados da própria fazenda e o preparo e o controle de qualidade foram feitos pela mesma empresa.

A escolha de MLC para a composição da estrutura de cobertura vem da opção por soluções com exigências específicas que sejam mais inteligentes do ponto de vista socioeconômico e ambiental. Executada em madeira laminada colada (MLC) é uma alternativa interessante, já que suas peças podem ser fabricadas com madeiras de menor densidade, advindas de plantações de áreas próximas. Este tipo de modo de produção gera economia no transporte, e é autônoma na obtenção da matéri-prima. É importante lembrar que o uso da madeira na construção civil pode ser uma forma interessante para a fixação de carbono. Além de significar um passo importante do ponto de vista ecológico, esta técnica ainda permite o uso de perfis menores para vencer vãos mais generosos, já que se tem o controle afinado de cada lâmina.



Figura 05 - Vista Geral

7. FICHA TÉCNICA

Projeto de arquitetura: arq. Fernando Negrini Minto (MATÉRIA BASE arquitetura e urbanismo) e arq. Rafael Oliveira.

Projeto de estrutura: YCON engenharia.

Projeto de instalações: Ramoska & Castelani.

Local: Taquarivaí, São Paulo – Brasil.

Data: 2011/ 2012

Área: 438,88m²

Construção: SAES engenharia

Madeira laminada: ITA construtora

Taipa de pilão: TAIPAL

Autor: Fernando Cesar Negrini Minto - É arquiteto urbanista, coordena o escritório Matéria Base arquitetura e Urbanismo com o sócio arq. Thomas Alexander J. Burtscher, é professor do Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Santa Úrsula onde coordena o Canteiro Experimental, é membro pesquisador da Red Proterra e da rede TerraBrasil.

CONSTRUÇÃO COM TERRA CRUA COMO AGENTE DE SAÚDE E BEM ESTAR

**Autores: Flávio Pereira Dias Duarte
Bruno Aluísio dos Santos Azevedo
Samuel Siqueira da Silva**

1 INTRODUÇÃO

Uma vida saudável é conseqüência do somatório de elementos, cuidados, hábitos e atitudes que damos atenção em nosso cotidiano. Todas as ações que praticamos ou estamos envolvidos repercutem em nosso bem estar físico e mental. Um dos elementos mais importantes para o nosso bem estar é a produtividade e qualidade física e energética dos ambientes em que trabalhamos, moramos e usamos durante nossa vida. Todos os ambientes, naturais ou construídos, são agentes de saúde e bem estar das pessoas que ali desenvolvem uma determinada atividade, podendo assim contribuir com a geração e manutenção de bem estar ou até mesmo serem fatores de contaminação e insalubridade.

Assim, uma das funções mais importante na ocupação de um ambiente natural ou construído, é a geração e preservação da saúde do ser humano, ecossistemas e dos ciclos naturais do espaço em questão.

2 CONSTRUÇÃO COM TERRA CRUA

Construção com terra crua são técnicas construtivas que conceitualmente utilizam o solo sem queima (cozimento) como principal material construtivo. A terra é denominada em termos técnicos de solo, que é entendido como o produto da decomposição de rochas, elementos minerais e/ou orgânicos. Também é de comum denominar construções onde a utilização da maioria dos elementos construtivos são de terra crua, como Arquitetura e Construção com Terra. Em todos os continentes, e ao longo de toda história da humanidade, o solo tem se mostrado, por diversas razões - custo, abundância, trabalhabilidade - , o material de construção que mais esteve ao alcance do homem em seus estágios de evolução, inclusive nos dias atuais.

Registros das mais variadas modalidades de obras (edificações, estradas, barragens, contenções etc.), que chegam a datas de mais de 9.000 anos, são encontrados em sítios arqueológicos e patrimônios históricos de civilizações anteriores, tais como a chinesa, a egípcia, a romana e até a civilização americana pré-colombiana, entre outras. Dentre obras de destaque histórico podemos citar que a grande muralha da China foi construída há 4000 anos, inicialmente toda com taipa, e posteriormente enchapada com pedras naturais e ladrilhos, dando uma aparência de muralha de pedra.

É importante ressaltar que, ainda hoje, devido à abundância, o solo é dos recursos naturais, o mais representativo para suprir uma importante necessidade básica do homem – a moradia. Temos atualmente mais de ¾ das construções fora dos centros urbanos construídos com terra. No entanto, o bom desempenho recomendado para edificações construídas com “terra” é essencialmente governado pelo tipo de tratamento tecnológico, direcionado à potencialização de certas propriedades, que tornem o solo um material tecnicamente competitivo com o concreto e o aço.

Por outro lado também, considerando a importância do aspecto relacionado com a satisfação humana de habitar, o estigma e preconceito associados à arquitetura de terra devem ser extirpados, a partir de uma arquitetura que busque não apenas o resgate de

processos utilizados por nossos antepassados, mas sobretudo a uma melhoria e adequação tecnológica desses processos históricos.

No Brasil as olarias gastam, em média, cerca de 1,5m³ de lenha para produzir 1.000 tijolos, o que representa a queima de cerca de 12 árvores e a emissão de grandes quantidades de Co₂. Sendo assim, uma olaria média que fabrica até dois milhões de tijolos por mês chega a queimar cerca de 24 mil árvores, e emitir até 240 mil toneladas de CO₂ mensalmente.

A “Hospedaria Terra Ensacada” (Figuras 1 e 2) consiste em um projeto de bioarquitetura e bioconstrução executada em Centro de Recuperação de Dependentes Químicos, a partir de treinamento e capacitação de mão de obra dos internos e coordenadores.

3 CONTEXTO DA OBRA

A obra está localizada no município de Rio Acima, situado no estado de Minas Gerais – Brasil, e possui como foco a saúde física e mental das pessoas que se relacionam com este projeto.

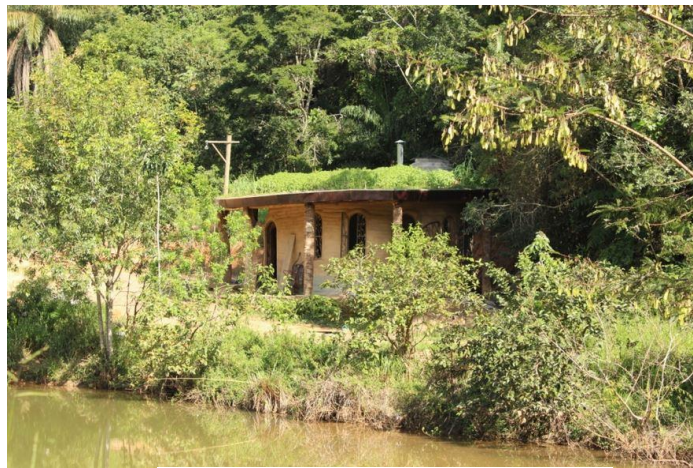


Figura 1 - Hospedaria Terra Ensacada

O partido arquitetônico se baseia na organicidade presente nas formas e proporções naturais encontradas na natureza. O desenho se consiste basicamente em três círculos interligados, dando forma a uma semente com área interna de aproximadamente 45 metros quadrados. O programa consiste em dormitório integrado com cozinha, fogão a lenha e aquecimento de serpentina para as instalações sanitárias, varanda com lareira e teto vivo com vista para uma lagoa. Toda a alvenaria, assim como os mobiliários foi executada em terra ensacada.

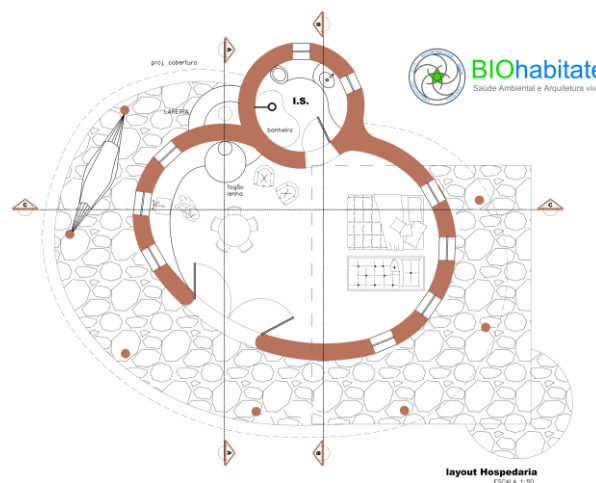


Figura 2 - Planta

O volume circular do banheiro deu origem a uma cúpula com iluminação zenital em seu ponto mais alto (Imagem 03), a fim de contribuir na eficiência energética do projeto. Toda a volumetria restante (dormitório, cozinha e varanda) foi coberta com o teto vivo (telhado verde), visando aumento de áreas permeáveis e do tempo de infiltração das águas pluviais, retirada do CO₂ da atmosfera através da vegetação, alta durabilidade, baixo custo energético, bela estética e melhor conforto termo acústico em relação às coberturas convencionais.



Figura 3, Cúpula de terra ensacada

Técnicas de saneamento ecológico foram adotadas como medidas para amenizar o impacto dos dejetos gerados no meio ambiente e transformá-los em recursos. Para tratamento dos efluentes negros a solução adotada foram os tanques de evapotranspiração (TEVAP). O círculo de bananeiras foi a opção escolhida para o tratamento dos efluentes cinzas.

4 TÉCNICA CONSTRUTIVA

A técnica construtiva escolhida para a Hospedaria foi a terra ensacada. Toda a alvenaria, assim como o mobiliário foi efetuada com traço de terra crua arenosa (60% areia + 40% argila), variando-o somente para a execução de vergas, cintas e fundação (7 terra arenosa + 3 brita + 1 cimento).

Previamente ao reboco, foi feita uma camada de massa de recomposição para a regularização de depressões e buracos ocorridos na alvenaria (4 terra argilosa + 4 areia + 1 pasta de cal + 1 cimento + 3 fibra vegetal seca + 1 esterco fresco). A pasta de cal utilizada consiste na hidratação da substância em no mínimo três semanas, acrescentando água para que sempre fique com consistência pastosa. Para o reboco de terra crua (Imagem 04), foram realizados diversos testes de prova para melhor escolha do traço (2 terra + 3 areia + 1 pasta de cal + 0,5 cimento). Também foi necessária a remoção do saco de polipropileno para melhor aderência do reboco.



Figura 4 - Execução do reboco

Para a pintura, optou-se por tinta de terra feita com pigmentos naturais de terra crua, misturados com sumo de cactos, cal hidratada e óleo de linhaça. A fim de obter-se melhor ancoramento da mesma, aplicou-se o leite de vaca nas paredes com esponja, dois dias antes da pintura.

5 FORMAS SENSÍVEIS DE PROJETAR

Desde o início do projeto os clientes foram convidados para participar de todos os momentos de criação e desenvolvimento. Logo no primeiro contato foram informados da necessidade de co-participação, sendo imprescindível que as sensações e percepções geradas no mapeamento sensitivo se harmonizem com o desejo pessoal, com as condições do terreno, entorno e, principalmente com a salubridade.

Sendo assim, foi feita uma análise técnica e sensitiva da paisagem com intenção de avaliar o potencial do local para abrigar as funções propostas no programa arquitetônico, a partir do mapeamento dos recursos naturais disponíveis, como também dos diversos setores relacionados com as emoções sentidas e percebidas durante o exercício de análise.



Figura 5 - Mapa sensitivo

O mapa de emoções (Imagem 05) teve o objetivo de levantar os potenciais energéticos e físicos de um determinado local de maneira mais sensitiva possível. A idéia foi através das sensações, analisar as potencialidades sutis do local. É importante que esse levantamento seja feito por todos aqueles que terão alguma relação cotidiana com o local de estudo (terreno, edificação, comunidade etc). A intenção desse momento é não racionalizar, mas relacionar o local com as funções pretendidas para acontecerem ali, deixando que o local nos informe o que tem para dizer.

6 GEOPUNTURA

A geobiologia é a ciência que estuda a relação entre o Planeta Terra e os seres vivos que nele habitam no intuito de determinar o grau de salubridade de lugares específicos; assim como as formas, naturais e artificiais, de contaminação ambiental que afetam diretamente os seres que habitam e que desenvolvem determinadas atividades nesses locais.

As influências naturais provenientes do subsolo, geradas pelos veios subterrâneos de água, pelas falhas geológicas e linhas do campo magnético terrestre (como as linhas Hartman, Curry e Peyre), foram mapeadas no terreno através de técnicas radiestésicas, antes da conclusão do projeto e início da obra.

Todos os cuidados em relação às influências, acima citadas, foram tomados, inclusive a localização dos espaços no terreno, no tratamento do centro geométrico e do Ponto Nordeste com minerais brutos de frequência vibratória específicas para tal fim.

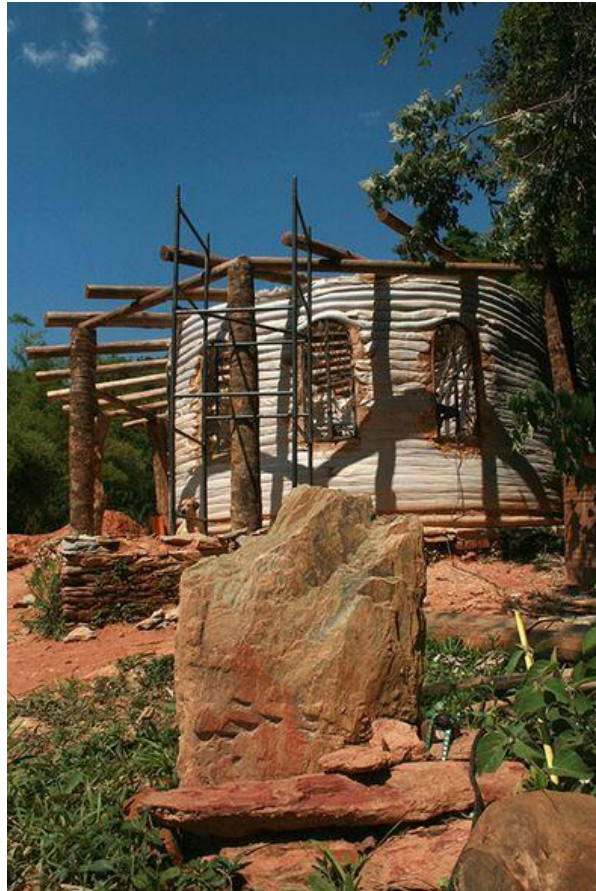


Figura 6 - pedra de Geopuntura

Um trabalho de geopuntura, realizado a partir da fixação de uma pedra de compensação (Imagem 06) em um ponto específico de cruzamentos de linhas do campo magnético terrestre, iniciou o processo de construção da casa. O principal papel dessa pedra foi informar e pedir permissão ao Planeta Terra para podermos intervir no meio natural.

CURRÍCULO DOS AUTORES

Flavio Pereira Dias Duarte é Arquiteto, Urbanista, Bioconstrutor e Geobiólogo. É o fundador e Diretor Executivo da BIOhabitate Saúde Ambiental e Arquitetura Viva, na qual trabalha com criação e bioconstrução de projetos e Bio-Arquitetura, como consultor de salubridade e sustentabilidade urbana e de ambientes construídos.

Bruno Aluizio dos Santos Azevedo é Arquiteto, Urbanista e Bioconstrutor. É Diretor Executivo da BIOhabitate – Saúde Ambiental e Arquitetura Viva. Desde 2003 é sócio-diretor e o fundador da empresa Threna Arquitetura e Construção, De 2005 até julho de 2007, foi diretor do Departamento de Arquitetura da UNINCOR.

Samuel Siqueira da Silva é estudante de Arquitetura e Urbanismo e desde 2011 trabalha com projetos de arquitetura consciente. Foi estagiário da BIOhabitate durante o período de construção da hospedaria. Atualmente, foi monitor aprendiz em dois cursos da BIOhabitate com foco em bioconstrução, geobiologia e permacultura.

CAPILLA DE LA CANDELARIA

Caeiro y Capurso

1. DATOS DEL PROYECTO

Fecha de construcción: 2014

Área construida: 50 m²

Lugar: San Bartolo Coyotepec, Oaxaca, México

Programa: capilla, lugar de culto

Materiales: bambú, piedra, tierra, acero, madera

Constructores: estudiantes, arquitectos, trabajadores locales

Diseño y acompañamiento de obra: B_Rootstudio

2. CONTEXTO

San Bartolo Coyotepec es conocido como el pueblo de la artesanía en *barro negro*. El pueblo, que se encuentra en la zona del Valle de Oaxaca, a 15Km de la Capital del Estado, es el único lugar donde se conozca la técnica del *barro negro*, que es el resultado de su peculiar manera de cocción del barro. La tradición hace que cada año el pueblo vaya en peregrinación al cerro del *barro negro*, (el lugar de extracción del material) en honor de la Virgen de la Candelaria. Hasta el año 2013, en el sitio de celebración se encontraba solamente un altar de cemento, una pequeña cruz de metal y un poste de madera, que los aldeanos acostumbraban adornar con sus motivos religiosos, banderas de papel picado, flores y velas.

En setiembre 2013 la comunidad pidió ayuda para la realización de uno espacio de culto en este mismo cerro. Fue así que, un año después, se construyó la Capilla, cerca del lugar de extracción del barro utilizado para la producción de la artesanía en *barro negro*. El encargo del diseño y de la construcción de la Capilla de la Candelaria es el resultado de la exitosa colaboración entre la comunidad y B-Rootstudio, durante la construcción de la Capilla de San Isidro Labrador en el año 2011 en la misma aldea.

3. CONCEPTO Y DESCRIPCIÓN DE LA OBRA

El programa preveía la realización de una pequeña construcción con una zona protegida, para guardar la estatua de la Virgen de la Candelaria y un espacio cubierto y sombreado donde los pelegrinos pudieran juntarse para rezar. La ausencia de arboles en el sitio de intervención y la intensidad de la radiación solar, que caracteriza estas regiones, enfatizan la importancia de crear una zona de sombra.

La capilla es compuesta por una espacio encerrado cuadrangular de bloques de adobes (3x3x3m), y una amplia cubierta de tejas con estructura en bambú (5x10m) que protege la celda de la lluvia y crea un amplio porticado para los visitantes. Un piso de piedra laja recolectada en los alrededores recubre la zona de intervención, desde el área detrás de la celda, hasta la zona del altar, situada a un metro mas abajo del nivel de la capilla. Siguiendo el perfil del terreno, el piso de piedra forma unos escalones sin alterar su ancho inicial, para terminar en otro nivel donde se ubica la grande cruz y el altar de metal. Este lengua de piedra crea una transición entre el envolvente y el construido, un lugar donde rezar y asistir a las ceremonias. La capilla está orientada a lo largo del eje Este – Oeste, para aprovechar de la sombra durante gran parte del día, buscando al mismo tiempo una integración con el paisaje.



figura 1, axonometría de la capilla

Alrededor del edificio se plantaron diferentes cactus nativos y más de 150 árboles frutales endémicos, que con los años van crear un pequeño bosque y zonas de sombra. Un dique, construido recientemente por la comunidad, proveerá al sustento de la vegetación, y a la creación de un lugar armonioso alejado del ruido de las carreteras.

4. MATERIALES Y TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS

Para los bloques de adobes, se preparó una mezcla de tierra blanca arcillosa, extracta en las cercanías, con estiércol de burro y agua, siguiendo la tradición local. A este punto es importante notar que no existen recetas para las mezclas validas *a priori*, y resulta fundamental efectuar pruebas *in situ*. Después del secado al aire durante 3 semanas, fue comprobada la resistencia de los bloques de adobe a través de *tests* manuales. Todos los adobes fueron producidos al pié de obra durante un taller con un grupo de 35 estudiantes de la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM Azcapotzalco) y algunos integrantes de la comunidad de San Bartolo Coyotepec. En un solo día, con un grande esfuerzo colectivo, se moldearon los 450 adobes necesarios para la construcción.



figura 2, los adobes en fase de secado (foto de los autores)

Los muros portantes descansan arriba de una cimentación de piedra asentada en mortero de cal y arena (en proporción de 1:3), de 0,5m de profundidad bajo el nivel del suelo y 0,4m de altura respecto a este último. Se trata de un elemento tradicional que protege la tierra desde la humedad que sube desde el suelo y la ocasional erosión del agua meteórica. Las piedras empleadas en la cimentación se extrajeron de una mina cercana, gracias a las maquinarias de la comunidad.

Otros importante elementos constructivos son los dinteles y las cadenas de cierre superior, que constituyen un refuerzo estructural en las construcciones de tierra, especialmente en zonas de fuerte actividad sísmicas como Oaxaca. Los dinteles de puerta y ventana son constituidos por vigas 1 metálicas y barrotes de madera ensamblados, que apoyan lateralmente por 1/3 de la luz del vano aproximativamente. Encima de los muros descansa una cadena de hormigón armado chapeada con losetas de barro negro producidas por los artesanos del pueblo. No existen elementos de conexión entre muro y cadena, para evitar posibles grietas durante eventos sísmicos. La cadena de cierre, además de evitar peligrosas separaciones de los muros en las esquinas, ayuda a distribuir las cargas puntuales de las vigas del techo, el cual apoya en parte sobre el volumen de adobes y en parte sobre pajeas de columnas de madera rolliza (morillos de 15cm de diámetro aprox).



figura 3, las columnas de madera y la cadena de cierre (foto de los autores)

La estructura de bambú de la cubierta es constituida por *culmos* de *Guadua Angustifolia* (bambú latinoamericano particularmente resistente), unidos a través de varillas de acero pasantes, localmente reforzadas por medio de un relleno interno al bambú con mortero de cemento y arena (en proporción de 1:3), según la técnica desarrollada por el arquitecto colombiano Simón Velez. La estructura está cubierta y solidarizada por medio de paneles de triply fijados con tornillos pasantes que hacen trabajar el conjunto como una única pieza, confiriendo resistencia a las fuerzas horizontales en los planos de la cubierta (*contravientos*). En la parte que apoya sobre las columnas se utilizaron varillas metálicas para absorber el empuje lateral producido por la geometría de la estructura, que tiene un comportamiento parecido al de una cercha tradicional. La impermeabilización de la cubierta es delegada a una capa de cartón asfáltico y otra de tejas artesanales (producidas en una comunidad cercana), que además confieren un buen aislamiento térmico.



figura 4, la cubierta de bambú, triply y tejas (foto de los autores)

La estructura de bambú fue construida durante dos talleres con estudiantes de arquitectura de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), que se llevó a cabo en el centro del pueblo, en una zona al aire libre donde los aldeanos pudieran ver y aprender de las nuevas generaciones, haciéndolos parte de las varias fases del proceso constructivo.



figura 5, el taller de construcción de la estructura de bambú (foto de los autores)

5. CONCLUSIONES

La construcción de la Capilla de la Candelaria en la comunidad de San Bartolo Coyotepec representa más que un espacio público y de culto; es un paso más hacia un cambio de percepción, donde los habitantes empiezan a mirar sus propias tradiciones con respeto e a valorarlas. La Capilla representa además un ejemplo exitoso de transferencia de conocimiento entre el saber tradicional y el saber académico. Los muros y la estructura del techo han sido realizados durante diferentes talleres, con el esfuerzo conjunto de estudiantes y trabajadores locales. El edificio es compuesto por materiales contemporáneos, como acero y concreto, utilizados en conjunto con los antiguos materiales tradicionales como tierra, piedra y madera, demostrando la posibilidad de una arquitectura contemporánea que afonda sus bases en la construcción vernácula. Este hecho ayuda a reforzar la estima casi olvidada de la comunidad local por su patrimonio histórico de adobe.



figura 6, la capilla terminada (foto de los autores)

6. CURRICULUM B_ROOTSTUDIO

Es un estudio fundado en 2008 por el portugués João Boto Caeiro y por el italiano Fulvio Capurso, que trabaja entre Oaxaca, México y Montevideo, Uruguay. Su trabajo se enfoca en la formación junto de las comunidades rurales, promoviendo la transferencia de conocimiento y tecnología entre las diferentes generaciones y contextos urbano/rural. Pretenden transmitir la importancia de los métodos y materiales tradicionales en la actualidad. Han desarrollado diversos proyectos sostenibles y investigaciones dirigidas a la auto-construcción y a la auto-producción de componentes con materiales locales, especializándose en la manipulación de la tierra, la cal y el bambú. Hasta la fecha B_RootStudio ha realizado diferentes proyectos de arquitectura, público como privados, de nueva construcción como de restauración, siguiendo cada proyecto desde el concepto hasta su realización.

6.1 Contacto

<http://berootstudio.wordpress.com/>

elfulvio@gmail.com

caeirojoao@gmail.com

GAIA CIÊNCIA BIOCONSTRUINDO EM SANTA LUZIA/MG

Gustavo Alves Fernandes e Renata Poliana Cordeiro de Oliveira

1. APRESENTAÇÃO

Conhecemos pessoas, descobrimos outros mundos, formas de pensar e observar a nossa volta. Nossa relação de amor e profundo respeito com a natureza levou-nos a Ecologia, a permacultura e a bioconstrução. E por fim, ou talvez por início, a terra da Terra que tudo constrói.

Desde os primórdios o homem fez da terra crua um dos principais elementos da construção de casas. Onde moramos, em Santa Luzia/MG, há 40 anos, Seu Julião primeiro proprietário do terreno, utilizou-se da terra local para construção de sua casa. As técnicas utilizadas foram: pau-a-pique e tijolos de adobe, as telhas foram feitas com o barro local. O segundo proprietário optou por aterrar esta casa e construir uma nova do outro lado do terreno, esta a atual residência de forma convencional de tijolos queimados.

O projeto de construir nossa casa feita de terra é de suma importância como resgate histórico da cultura local, sendo neste aspecto a construção um elo de mobilização social para que a comunidade possa participar da construção coletiva com terra, costumes que vem se perdendo devido a diversos fatores, mas, sobretudo à indústria da construção civil e da exploração devastadora dos recursos naturais.

Apresentamos o processo construtivo, desde as suas primeiras etapas de estudo e observação à apresentação de técnicas de bioconstrução, na finalidade de viver em harmonia com o ambiente natural que nos cerca, e, exercitar o aprendizado no design permacultural e cultivos orgânicos biodinâmicos.

2. OS ELEMENTOS E SUAS FUNÇÕES

Na bioconstrução utilizamos ao máximo as energias da natureza, para isso passamos o ano observando o local onde estamos construindo, os ciclos dos quatro elementos da natureza (água, ar, terra e fogo) qual o trajeto do sol durante as quatro estações do ano, qual a direção do vento, quais as épocas de chuva, qual a direção da poeira levantada pelos carros que passam na rua ao lado, bem como suas relações sistêmicas do ambiente, buscando um entendimento aprofundado para adequação da casa as características físicas do sítio, onde cada elemento inspira decisões acerca do projeto, dando sustentabilidade ao mesmo, afinal são estes elementos que compõem as construções e cabe a nós observar os fluxos de materiais a serem incluídos no projeto. Ver figura 1. Esta é uma das propostas da permacultura criada por Bill Mollison e Davis Holmgren, no final dos anos 70, e que nos inspira a projetar esta casa com base em seus princípios, são alguns deles resumidamente:

- a) Menor gasto energético para tarefas diárias e maior eficiência quanto a forma como se faz o uso dos recursos naturais locais e diminuindo os espaços internos.
- b) Cada elemento deve ser posicionado de forma a executar varias funções;
- c) Planejamento eficiente do emprego de energia através de zonas e setores;
- d) Cooperação

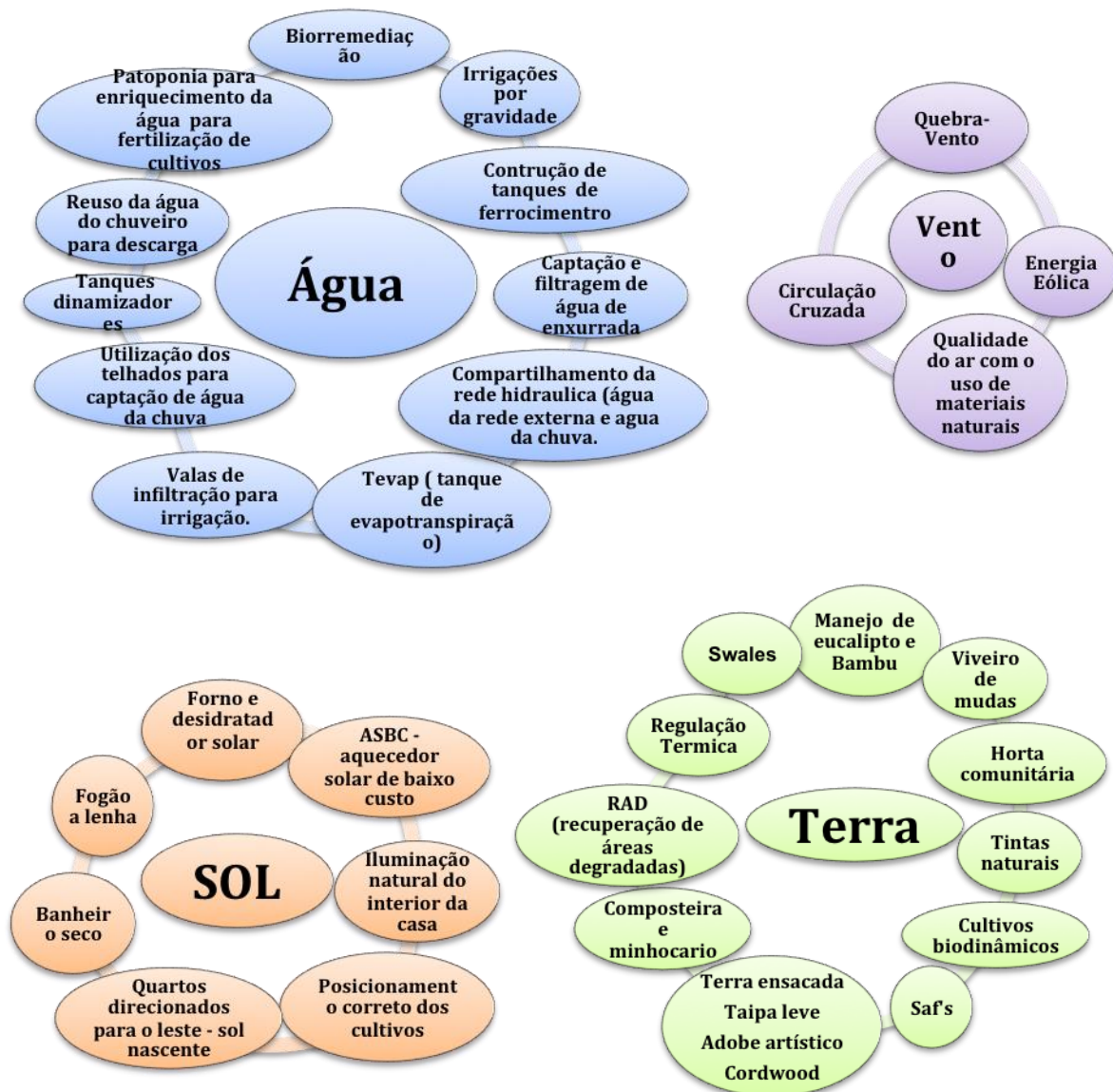


Figura 1 Ciclos dos Elementos e suas aplicações no design.

3. PLANEJAMENTO E PROJETO

O projeto foi iniciado em Julho de 2013, estando até o presente momento em andamento. Inevitavelmente uma obra de construção civil tem seus problemas, afinal quem não conhece alguém em que sua obra atrasou ou teve alguns inconvenientes em seu decurso. A primeira parte de uma obra supõe-se a elaboração do projeto que vamos construir, e esta diga se passagem já é uma etapa muito árdua. Quanto mais se estuda e passa a conhecer as técnicas construtivas que utilizam terra como material, mais se fascina pelas possibilidades de se fazer uma bela casa onde nada deixa a desejar (desde que saiba escolher a técnica mais adequada ao seu ambiente) a uma casa feita com os materiais massivamente vendidos e explorados pelas indústrias ligadas à construção civil. Bastou conhecermos um pouco sobre a construção com terra, começamos a gostar do assunto. Imersos na terra e nas diversas maneiras de se trabalhar com terra no feitiço de nossa casa, colocamo-nos com as mãos à obra, para a bio e auto construção.

Entende-se Bioconstrução como os sistemas construtivos que respeitam o meio ambiente, deste modo durante a fase de construção pensamos na sustentabilidade local (utilizando materiais da região, extraindo e manejando as matas de forma consciente) e em nível global (captando recursos renováveis e não renováveis para diminuir o consumo dos mesmos e

diminuindo a emissão de carbono). A escolha dos materiais a princípio, obedece a critérios de preservação, recuperação e responsabilidade.

Buscamos utilizar a maioria das técnicas para conhecimento, a proposta é apresentar um projeto de caráter holístico, de modo a executar um leque de intervenções que estabeleçam um bem-estar físico, emocional e espiritual. Desta forma queremos somar o conhecimento tradicional de sobrevivência humana, a técnicas “científicas” e artísticas rumo a eficiência energética. Procuramos dar abertura a um amplo espectro de alternativas, tenham sido comprovadas cientificamente ou não, para sua aplicação, análise teste e monitoramento.

Para ventilação da casa, colocamos uma abertura no telhado levando em consideração a direção do vento de modo a aproveitar esta energia da melhor maneira possível, a fim de expulsar o ar quente e fazer o ar circular dentro da casa, principalmente na área da cozinha e sala. Veja Seta Figura 2 Perspectivas Telhado. As janelas e portas foram planejadas da seguinte maneira, deixaremos os vãos já prontos a medida que formos subindo as paredes, sendo que nos quartos colocaremos uma moldura de madeira fazendo um quadro a ser completado pelo adobe artístico, misturado a garrafas de vidro e a própria janela. Já na sala deixaremos o vão da porta, com a madeira de eucalipto já fixada, e os marcos das janelas também fixados a medida que a terra ensacada for subindo.

Na cozinha deixaremos uma área marcada para construção do fogão a lenha, e o vão para construção do banheiro de Ferrocimento. Na parede próxima a pia deixaremos 4 pedaços de cano de pvc enfileirados, cada um corresponde a um tipo de resíduo (plásticos, metais, vidro e matéria orgânica) que estarão ligados a um tubo que direcionará o resíduo para tambores localizados na parte externa da parede. A cobertura será dividida em duas formas:

- Nos quartos iremos fazer um telhado verde, que estará apoiado na parede de terra ensacada que é bastante forte e também nas madeiras de eucalipto localizadas no centro da casa.
- Na cozinha e na sala iremos colocar um telhado normal, porém mais inclinado que o telhado verde, ambas farão a captação de água de chuva, através de reservatório ligado às calhas de todos os telhados.

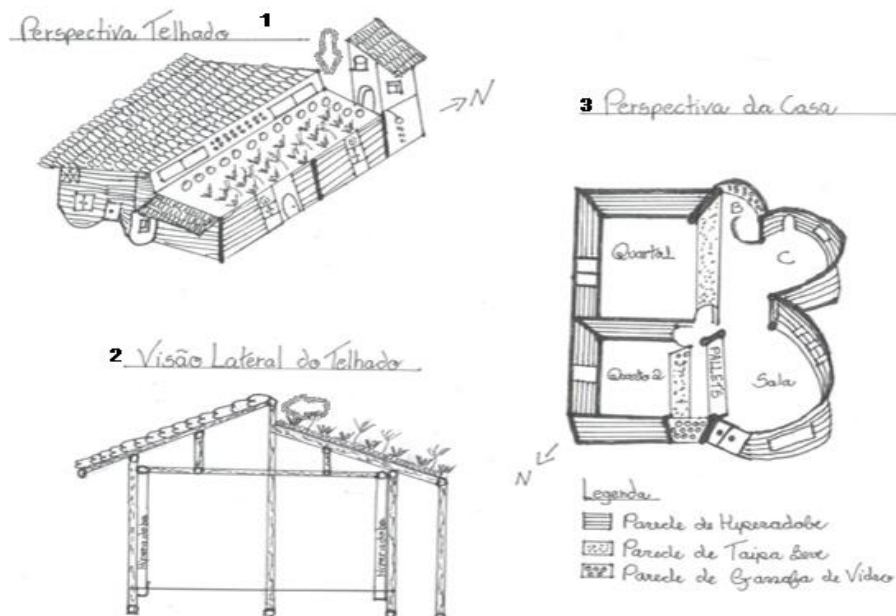


Figura 2 1) Perspectiva Telhado lateral sudeste; 2) Visão lateral do telhado corte central 3) Perspectiva da Casa e Técnicas Utilizadas para construção. Ilustração Renata Oliveira

A obra será rebocada interna e externamente com diversos tipos de solo e cores. Para que fique totalmente vedado, após a secagem total do reboco, utilizaremos resina de mamona para impermeabilização a fim de evitar que a chuva destrua as paredes vivas.

3.1 RESÍDUOS E EFLUENTES

Devemos sempre pensar em Reduzir, Reutilizar e Reciclar. Utilizaremos as seguintes técnicas:

- Ciclo de Bananeiras (Já em funcionamento) e TEVAP (Tanque de Evapotranspiração, vala impermeabilizada de alvenaria, com câmaras de tijolos, manilhas e/ou pneus, para depósito do efluente. Coberto em sua parte externa de material poroso (brita, cascalho, entulho) e em sua parte superior com terra, composto e bananeiras. Podem-se usar outras plantas em conjunto, para absorção e evaporação dos efluentes, deixando apenas o sólido nas câmaras);
- Reutilização de água proveniente de pias e chuveiros para fins não potáveis, como água de descarga (Tanque de armazenamento e bomba manual);
- Biorremediação, depósitos e caminhos escavados na terra, cobertos de cimento localizado próximo a cozinha para tratamento de águas cinzas, através da filtração por substratos porosos e plantas adaptadas à água;
- Composteira e Separação do lixo dentro da cozinha direto para área externa da casa;
- Banheiro Seco (Não utiliza água para descarga, nem mesmo encanamento de esgoto. Decomposição completa de resíduos e produção de húmus).

4. TÉCNICAS

4.1 Terra ensacada

A ideia de utilizar a construção em terra ensacada vem do fato deste ser um material que possibilita um trabalho rápido e prático, e exige pouco material além de terra e saco de PEAD (polietileno de alta densidade). Esta técnica possibilita um ótimo conforto térmico dentro da residência. Pensamos em fazer a terra ensacada como estrutura externa da casa e a taipa leve, cordwood e adobe como divisão interna dos cômodos. Utilizaremos madeiras de Eucalipto, cortadas e tratadas no próprio terreno para a parte central da casa, a fim de estruturar o telhado verde, que é bastante pesado.

Ficamos com a opção de realizar as primeiras fiadas (cerca de 40 centímetros abaixo do nível do chão) preenchidas com areia e cimento (1:9) no lugar do concreto, material este que uma vez pilado, se torna um bloco monolítico impermeável, assim poderemos manter a umidade afastada da casa, e evitaremos o contato direto com a área aeróbica do solo, formando com isso o alicerce da casa de maneira prática, segura e econômica.

4.2 Taipa Leve (do alemão Leichtlhem)

Uma técnica que pode ser traduzida como barro leve, que segundo André Soares (2007) é um material composto de solo argiloso com grande predominância de fibras naturais. Montase o marco do painel de madeira, deixando-o nivelado e sem torções na madeira, coloca-se a tela interna para fixação da massa, e aplica-se a massa composta de terra, areia, palha, maravalha de madeira (pequenos cavacos), e cimento, figura 3 .A medida varia de acordo com as características da terra a ser usada. No material abaixo trocamos a areia por argila, já que nossa terra é muito arenosa. A técnica foi escolhida por sua praticidade leveza, e beleza, além do fato de possuímos os recursos necessários, tais como: madeira, palha, terra, maravalha, garrafas e outros elementos decorativos. Precisaremos comprar somente o cimento, malha de arame galvanizado, vergalhões e parafusos para prender as extremidades.



Figura 3 Acabamento de uma placa de taipa leve. IPEC 2013. FOTO: Gustavo Fernandes.

4.3 Cordwood

Utilizaremos uma técnica chamada Cordwood para detalhes da casa a fim de aproveitarmos as madeiras que restarem na obra. É importante ressaltar que a obra de nossa casa já possui alguns inconvenientes, e um deles, é o fato de possuímos um recurso em “abundância” no caso, a madeira de eucalipto, que acabou sendo cortada em uma quantidade maior do que necessitamos para o trabalho inicial, que é a estrutura e telhado. A técnica consiste em colocar pedaços pequenos de madeiras deitados, e preenchidos com massa, sendo esta última feita com traços variados. Não é estrutural, e possui uma grande beleza estética se bem polida a madeira.

4.4 Ferrocimento na parede do banheiro e feitiço das caixas d’água do sítio.

O banheiro será feito de Ferrocimento, uma trama de fios galvanizados, tela galvanizada para pinteiro, vergalhões finos e garrafas de vidro. Optamos por esta técnica, pois o banheiro gera muita umidade o que em se tratando de obras com terra não é viável. O Ferrocimento garante esta conservação, além disso, é mais uma técnica artesanal, que propicia conhecimento e autonomia construtiva. Utilizaremos também desta técnica para construção de reservatórios para coletar água da chuva, garantindo água para usarmos em atividades cotidianas da casa bem como para irrigação de cultivos no período de seca. O Ferrocimento (neste banheiro) não é uma técnica construtiva estrutural.

4. TESTES: UMA NECESSIDADE DE PRIMEIRA ORDEM PARA OS AVENTUREIROS CONSTRUTORES

Procuramos buscar autonomia, através do uso de técnicas tradicionais e técnicas para eficiência energética. Inicia-se aí, as fases de testes. Fizemos o teste de porcentagem de areia, argila e silte. Coloca-se em um vidro de maionese de 500g uma porção da terra que deseja construir, sendo que esta deve ser retirada abaixo da camada de matéria orgânica do solo (cerca de 30 cm). Complete com água e agite bem até que o solo tenha se dissolvido. Aguarde a sedimentação até que a água fique clara. Em sequência a areia (no fundo), a argila, o silte e a matéria orgânica se sedimentarão, permitindo a observação das camadas e proporções. Uma vez definida as proporções podemos estabelecer a necessidade de acrescentar material ou não. Fez-se o teste de retração máxima da terra. Em uma caixinha de madeira pinus medindo 40 cm de comprimento, 4cm de largura, e 4 de profundidade. Molha-se a caixinha para a terra se desprender da madeira, e coloca-se a terra retirada do local da onde decidimos utilizar a terra para adobe em um balde mistura-se muito bem (pode ser com as mãos), e, após a mistura ficar homogênea, coloca-se a terra na caixinha e deixa secar a sombra quantos dias forem necessários. Após a secagem as observações são as seguintes: caso a terra recue/ retraia na caixa mais de 4 cm, significa que a terra em teste possui muita argila, e, portanto o tijolo irá diminuir muito no tamanho e contrair demais. O que poderá ocasionar a quebra do adobe com maior facilidade, pois estará tão compacto que se tornará demasiadamente maciço e quebrável. Por outro lado se a retração da amostra for menor do que 4, significa que possui uma quantidade suficiente de argila para

não contrair demais e também contém uma quantidade necessária de areia para compactar bem e permitir a aeração do bloco de terra, garantindo assim que a terra “respire”, filtre o ar e mantenha a parede viva.

5.1 Testes da terra ensacada e das ferramentas

Foram produzidas e melhoradas as ferramentas a fim de construir as paredes de terra ensacada, veja figura 2. Da esquerda para direita segue: soquete vertical, martelos para socar horizontalmente (lateral da parede), tubo guia, (apresentou instabilidade e foi modificado), soquete vertical de dois cabos. Um dos testes da parede, foi realizado por meio da construção de um banquinho contendo 5 fiadas, medindo 3,80cm cada uma. Foi feito em um dia por duas pessoas, mas tal dado não serve como parâmetro a ser seguido devido ao fato de estarmos aprendendo a lidar com a organização das funções e maneira de se trabalhar com a técnica.



Figura 4. Testes de ferramentas. foto: Gustavo Fernandes.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O modelo de habitação natural fornece parte das soluções dos problemas do planeta. Construir de forma consciente é respeito à Natureza. A busca por sustentação é uma revolução que precisamos iniciar em casa, planejando de forma eficiente, por meio da observação atenta das relações ecológicas e sociais ao nosso redor.

Currículo dos autores

Gustavo Alves Fernandes. Educador Popular, Permacultor, Bioconstrutor, Gestor de Organizações do Terceiro Setor.

Renata Poliana Cordeiro de Oliveira, Ecóloga, Educadora Ambiental, pós-graduanda em Análise Ambiental, já trabalhou com Agricultura Orgânica e Sementes Crioulas. Trabalha atualmente como Analista Socioambiental.

CENTRO DE REFERÊNCIA EM EDUCAÇÃO SOCIOAMBIENTAL**João da Costa Pantoja
Larissa Castro de Oliveira****1. O PROJETO**

Figura 1. Da esquerda para a direita: oca para eventos, bloco central, sanitário compostável e bloco multiuso.

Localizado na região rural de Brazlândia, próximo a Brasília-DF, o Centro de Referência em Educação Socioambiental faz parte da Chácara do Professor e está sendo construído com base nos conceitos de bioarquitetura e permacultura. O complexo de 1.400 metros quadrados de área construída (Figura 1) pertence ao Sindicato dos Professores do Distrito Federal (SinPRO-DF). Foi desenvolvido com a intenção de despertar conhecimento e interesse sobre construções em terra e soluções sustentáveis nos usuários da chácara, alertando-os sobre os sérios problemas ambientais existentes.

O arquiteto responsável pela criação do projeto é Sérgio Pamplona, formado pela Universidade de Brasília e bastante reconhecido por seus projetos de bioarquitetura e construídos de modo ecologicamente correto. Pamplona foi solicitado pela diretoria do SinPRO-DF para consolidar o programa de necessidades e aproveitar a área da chácara sem agredir o meio ambiente. O projeto conta com auditório, salas para cursos, refeitório, viveiro, biblioteca, praça para eventos e diversos espaços que poderão ser utilizados por professores e alunos da rede de escolas públicas do Distrito Federal.

2. PARTIDO ARQUITETÔNICO

Por não ser um projeto pequeno ou residencial, a liberdade da forma arquitetônica pôde ser trabalhada livremente pelo arquiteto. O complexo é constituído por quatro blocos onde o sistema tradicional de construção em alvenaria é substituído por técnicas que utilizam o solo, aproveitando a rica matéria-prima do local e utilizando materiais renováveis. O partido arquitetônico das edificações é elíptico, com formas espiraladas que constituem o telhado verde. A cobertura estruturada por bambu e vedada por telhas de madeira assemelha-se a uma quilha de barco invertida, embelezando o local ao exibir as tesouras aparentes que trabalham para sustentar a edificação (Figura 2). Os diversos tipos de construção em terra

foram aplicados no projeto, seguindo a necessidade de cada bloco. Desta forma, podem ser observadas várias alternativas para o uso do solo, exibindo a potencialidade e flexibilidade da tipologia construtiva adotada (Figura 3). A ousadia projetual também é observada nas próprias dimensões: paredes de taipa-de-pilão com 6 metros de altura, gerando um ambiente com 9 metros de pé-direito, e paredes de superadobe com 4 metros de altura.



Figura 2. Interior do bloco central.



Figura 3. Da esquerda para a direita: oca para eventos, sanitário compostável e bloco central.

3. SISTEMAS CONSTRUTIVOS

A edificação principal, ao centro do complexo, é maior e possui paredes de taipa-de-pilão, técnica utilizada desde as primeiras construções que utilizam o solo como material construtivo. A taipa-de-pilão é feita com fôrmas em que o solo cru e possíveis materiais como areia e fibras naturais são prensados até levantar a parede estrutural, com 0,7m de espessura. A utilização da técnica de taipa pilada foi eficiente, uma vez que foram necessárias a fabricação de fôrmas para apenas $\frac{1}{4}$ da construção, sendo elas repetidas para fechar toda a elipse da edificação e evitando o desperdício de fôrmas durante a obra, como ocorre bastante em projetos de concreto armado.

Algumas paredes foram construídas de pau-a-pique com preenchimento interno de garrafas PET, para fazer um colchão de ar e dar leveza à estrutura. As demais paredes do complexo são feitas de superadobe (Figuras 4 e 5), com sacos de ráfia preenchidos com solo retirado

do próprio local da construção. As fundações são todas de concreto, material importante por ser semipermeável e poder ficar em contato direto com o solo. Quase todo o revestimento das paredes é feito com reboco de barro com tinta natural, garantindo para o interior da edificação um grande conforto térmico. O telhado, em grande parte do projeto, é feito com telha de Cavaco de Madeira. O telhado verde utilizado, além de ser um elemento estético bastante utilizado em projetos contemporâneos, cumpre o papel de utilizar parte da área de cobertura para cultivo de plantas de pequeno porte, sendo também eficaz para a redução da temperatura no interior dos ambientes.



Figura 4. Bloco multiuso.



Figura 5. Bloco multiuso em fase de construção.

4. SOLUÇÕES ECOLÓGICAS

Além da utilização de materiais sustentáveis e renováveis em toda a parte estrutural e construtiva do complexo, foram implementadas soluções ecológicas que enriquecem a qualidade sustentável do projeto. Um detalhe interessante foi o uso de garrafas PET para o sistema de drenagem das águas da chuva. As garrafas são reutilizadas e fazem com que a água drene aos poucos no solo durante o percurso do canal.

Para o aproveitamento de resíduos orgânicos dos banheiros, foram construídos sanitários compostáveis com acesso facilitado para cadeirantes. Os sanitários compostáveis não utilizam água para a descarga, evitando problemas de esgotamento e poluição. Os dejetos caem do vaso sanitário com inclinação de aproximadamente 45° em uma câmara de compostagem. Para a descarga, deposita-se serragem ou outro elemento rico em carbono para auxiliar o processo de decomposição da matéria orgânica. A câmara de compostagem localiza-se em um nível mais baixo que o sanitário, sendo orientada para o noroeste, ponto cardinal que recebe bastante radiação solar direta durante todos os dias do ano. O calor do sol, agravado também pela pintura de cor preta da câmara, auxiliam que os processos químicos necessários ocorram de modo eficiente. Os gases produzidos dentro da câmara são eliminados pela corrente de ar que entra no ponto mais baixo, por furos, e sai pelo tubo de exaustão. Todos os resíduos orgânicos depositados no vaso sanitário transformam-se em adubo para as agroflorestas implantadas no Sítio, transformando problemas típicos de esgoto em solução para o local.

Em banheiros que utilizam água para as descargas dos vasos sanitários, é possível fazer também um tratamento correto dos dejetos. No projeto do Centro de Referência em Educação Socioambiental as chamadas águas negras, provenientes dos sanitários convencionais, são tratadas pelo Tanque de Evapotranspiração. Esta fossa ecológica, também conhecida como BET (Bacia de Evapotranspiração) é difundida por permacultores e representa uma alternativa sustentável para o tratamento do esgoto, como apresentada no projeto de Pamplona. O sistema consiste em um tanque impermeabilizado, que impede a contaminação do solo pelos resíduos orgânicos, preenchido com pneus, pedras, areia e diferentes camadas de substratos, até a última camada, onde são plantadas as bananeiras. As camadas descontaminam a água negra e permitem o aproveitamento de seus nutrientes pelas plantas, que devolvem a água ao ambiente em forma de vapor.

5. LAZER INTEGRADO À NATUREZA



Figura 6. Praça para eventos.

Em um local próximo às antigas churrasqueiras da Chácara do Professor, foi projetada uma praça para eventos do SinPRO-DF (Figura 6). A praça foi construída utilizando apenas a movimentação do solo local, tendo previsto o percurso natural das águas pluviais na região. Com isso foi possível estabelecer um platô com uma área elevada para o palco, que pode ser visualizado em qualquer ponto da praça, e as tendas para usos gerais nos eventos. A altitude elevada do local também promove um visual interessante da natureza do entorno.

Com o reflorestamento às margens da nascente, que estava degradada, foi possível aproveitar a água da própria região para a construção de piscinas naturais que completam a área de lazer do projeto. A água que sai da nascente é purificada por tanques com vegetação aquática, chegando cristalina às piscinas adultas e infantis. A trilha, chamada Caminho das Árvores, permite um passeio tranquilo ao redor da vegetação nativa ao mesmo tempo que conscientiza sobre a importância da preservação ambiental. A vegetação típica do cerrado local fora desmatada por ocupações anteriores, tendo parte sido reflorestada por aves e outros animais antes mesmo que os próprios diretores do SinPRO – DF decidissem fazê-lo e manter seus cuidados.

A singularidade da arquitetura imponente e surpreendente pelo modo de utilizar materiais ecológicos tornam o Centro de Referência em Educação Socioambiental um exemplo para futuros projetos. O cuidado com a vegetação nativa, a aplicação de conceitos da permacultura e a qualidade das soluções arquitetônicas poderão ser observadas e entendidas por educadores e alunos que frequentarão o grande projeto de bioarquitetura de Sérgio Pamplona.

João da Costa Pantoja

Graduação em Engenharia Civil pela Universidade de Brasília (1991), mestrado em Estruturas e Construção Civil pela Universidade de Brasília (2003) e Doutor na área de Estruturas pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro - PUC (2012). É Professor Adjunto do Centro Universitário de Brasília - UniCEUB no Distrito Federal. Tem experiência na área de Engenharia Civil, com ênfase em Análise Estrutural, Otimização, Análise de Confiabilidade e Patologia e Recuperação de Estruturas.

Larissa Castro de Oliveira

Graduação em andamento em Arquitetura e Urbanismo pelo Centro Universitário de Brasília - UniCEUB no Distrito Federal. É bolsista de Iniciação Científica do CNPq, com pesquisa sobre análise macro-mecânica do comportamento da terra como revestimento externo com reforço de fibras vegetais.

IEIASCA

Cuidar la vida

Lucia Esperanza Garzón Castañeda

IEASCA para los muiscas (cultura ancestral y lengua aborigen local, del dpto. de Boyacá - Colombia) traduce etimológicamente: “partera”, oficio de quien recibe y cuida la vida; por ello, se eligió este nombre para la obra, por la filosofía de este concepto, en este momento histórico, donde la humanidad necesita retornar al cuidado.

El proyecto tiene el objetivo de “cuidar”, holísticamente el entorno, inicia con el autocuidado, y se armoniza con el territorio, manifestado donde la ley de origen, y la construcción son un símbolo, y cuyo el propósito, es mantener esta filosofía de cuidar, para perpetuar en la memoria.

El objetivo de esta obra es eminentemente educativo y demostrativo, crear un espacio experimental, construido con materiales locales y naturales, implementando principios ecológicos de la arquitectura sostenible, fue construido con los recursos más cercanos de bajo impacto que exaltan la nobleza de la tierra como material esencial, además de conjugar con otros materiales como la madera, la caña y la cal. (como material cementante).



Figura 1 –Proyecto IEIASCA / espacio para cuidar la vida (Lucia E Garzón)

Como espacio físico la finalidad es un espacio comunitario, una escuela de vida para compartir, enseñar, expresar con otros lenguajes y buscar la reconexión del hombre con la naturaleza, de esta forma “simbólica: volver a la tierra”.

La obra fue concebida como un espacio cultural, de intercambio de saberes, con proporciones amplias, que exalta lo femenino, y cuyo fin es realizar actividades comunitarias, para la educación informal y de crecimiento personal y social, que fomente valores humanos a través del arte.

1. APRENDER A DIALOGAR CON LA TIERRA / con esta filosofía, trascender al simple material de construcción

En el proceso de creación, diseño y de transferencia tecnológica, el principio es retomar el concepto que la materia, posee memoria.

Partiendo de este idea se elige la tierra, que así se convierte es la esencia del proyecto, es la inspiración, es el recurso básico de construcción, y es en este dialogo que se fundamenta el diseño,

La obra está emplazada en la zona rural de los andes Colombianos, está localizada en el departamento de Boyacá, 200 km. de Bogotá, capital del país y 50 Km de Tunja, capital del departamento; coordenadas 5°45'03"N 73°32'58"O , altura: 2.500 m.s.n.m., en una región que aún conserva bosques secundarios , con fauna silvestre y flora nativa de importancia para el ecosistema. y conjuga paisajes de montaña en su entorno; es una zona de sismicidad media y la humedad relativa es de 80%.a 85%.

La pluviosidad es de dos periodos de lluvia al año (marzo – mayo y sept. – noviembre), este comportamiento ofrece entre 1.200 mm y 1.400 mm. El piso térmico es frío, con temperaturas que oscilan entre 12 grados y 18 grados centígrados, considerado clima frío y andino de montaña. Alta radiación solar hasta de 6 horas por día.

La obra es un reto para el conocimiento y el ejercicio de dialogar, busca la ruptura de paradigmas sobre el uso del material TIERRA y es una estrategia para la construcción de conocimientos y de aprendizaje, pretende dejar un proyecto demostrativo habitable, medible en varios aspectos y sistematizado.

Las condiciones del lugar ofrecen un manto orgánico entre 50 cm y un metro de profundidad, debajo de este, se encuentran suelos altamente arcillosos y estables. El suelo local usado como material para la construcción se aprovechó para aplicar varias técnicas de construcción con tierra.

Después de realizar el laboratorio casero respectivo, resultaron suelos arcillosos, y se optó por estabilizarlos con cal apagada debidamente hidratada. Esta actividad fue realizada en la obra, se hizo un pozo en la tierra, donde se procesó y se usó hidratada desde el segundo mes, paralelamente se capacitó y sensibilizó al personal de la obra, en el manejo y procedimiento técnico de este recurso. La cal se aplicó además de la estabilización de las técnicas de tierra, en varias actividades de la obra como: revestimientos y morteros para las paredes y cubierta., así como en las pinturas.

El área de la obra es de 127 m² construidos. La planta partió de un amplio salón, de uso múltiple que puede albergar unas 50 personas, configurada por cinco lados, con una superficie útil de 90 m² app. y al partir de este centro dinamizador se amplían unos espacios anexos, como el baño, con sanitario ecológico seco y baño convencional , una habitación lateral, para oficina o dormitorio, polivalente, y una bodega lavandería.

Sobre un altillo amplio de 30 m², tipo segundo piso, se proyectó una terraza descubierta que se comparte con un balcón cubierto, posee vista al oriente y abre el paisaje de la mañana.

2. CRITERIOS DE DISEÑO

2.1 GEOMETRIA

El proyecto surge de la geometría sagrada, las matemáticas con proporciones áureas y principios, antropométricos como la planta en forma de pentagonal, que establece ángulos más asociados a las proporciones humanas (108 grados), y al conjugarlos con los materiales naturales, retornamos a la tierra.

Usar el arco como forma estructural simple, proporciona estabilidad y plantea formas más seguras, así como otros elementos de la naturaleza de las propias estructuras.



Figura 2 a y 2 b – Trazo de arcos en catenaria / paredes el pentágono (Lucia E. Garzón)

2.2 FORMAS ORGANICAS

A partir de estudiar la forma como estructura y su relación con la ecología, se llegó a la figura de volumen esférico que por la envoltura con líneas curvas, y en los análisis del metraje cuadrado de cada plano, comparativo a otras figuras geométricas, ha demostrado que es una de las formas más económicas, al usar menos superficies y cubrir un plano determinado, usando así, menos recursos materiales, y ofrecer un cobijo humano con ambientes más orgánicos y cercanos a lo natural.

2.3 CONSTRUCCION DEL CONOCIMIENTO

Una estrategia es que la obra sea una escuela desde su origen, donde la teoría y práctica sean permanentes; la idea fue ampliar las posibilidades técnicas e ir investigando procedimientos, costos, analizar la eficiencia y obtener resultados. Comenzando por las técnicas con tierra y ampliar las alternativas de cubiertas económicas y sostenibles.

El recurso de la técnica mexicana, de ladrillo recargado se está transfiriendo en Colombia desde hace algunos años y la obra se convierte en un aula más de la escuela, para seguir construyendo conocimientos técnicos, dentro de la visión estética y científica. Así mismo la formación en mano de obra local, al dejar un proyecto demostrativo, quiebra paradigmas y amplía las posibilidades tecnológicas dentro del contexto colombiano.

2.4 BIOCLIMATIZACION

El uso de recursos de diseño bioclimático y el aprovechamiento de la energía solar pasiva, son otros tópicos de la obra, usando los menores recursos, para lograr crear un mayor índice de confort del espacio interior, que regule el clima frío del lugar.

2.5 RECURSOS LOCALES: LA TIERRA

El proyecto es un ejercicio de arquitectura con tierra, donde el arte, la ciencia y la técnica se conjugan en este espacio por ofrecer un lenguaje único, con riqueza en los detalles y producir sensaciones innovadoras, que ofrezcan un cobijo bioclimático, confortable y que espacialmente exalte la sensibilidad y promueva este renacer con la misión de cuidar.

3. MORFOLOGIA Y ECOLOGIA

Todo parte de la forma como estructura.

Por ello de la planta pentagonal, con diez metros de diámetro con las paredes circunscritas en la circunferencia, del salón múltiple, crean el eje y matriz de donde nace todo el diseño tridimensional.

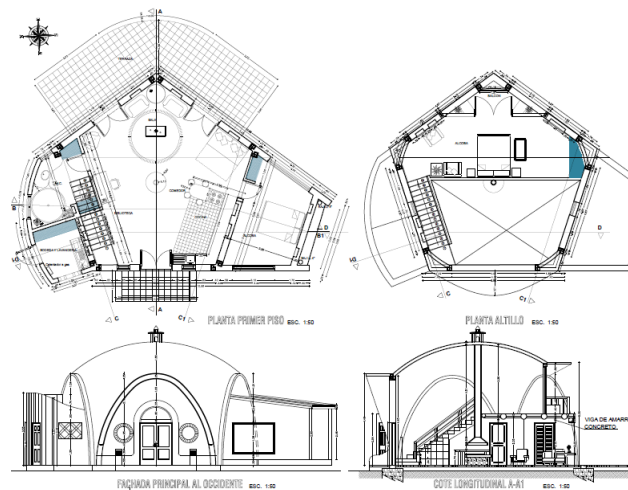


Figura 3 – Plano arquitetónico de la obra (Lucia E Garzon)

La posibilidad de cobertura de grandes espacios, aplicando técnicas simples y eco-sostenibles, se concibió desde el principio, y estableció la obra como un reto para ampliar conocimientos dentro del abanico de posibilidades culturales y técnicas.

Se eligió una cubierta con una “cúpula pañuelo”, ello, obedece a la geometría y espacialidad que se busca, la forma aflora a partir del plano de la base de la construcción, elevándose hacia la bóveda celeste; y crea nuevas sensaciones de amplitud y reconexión de la tierra, con el cielo.

La integración del exterior y el interior, a través de vanos y llenos se estudió con remates visuales lejanos y cercanos que hagan conexión con el paisaje; el proyecto está emplazado en un lugar privilegiado, único e irrepetible.

La conjugación de líneas curvas y rectas, hacen del volumen un juego de espacios y ángulos exteriores e interiores, que se exaltan con los colores naturales y artificiales. En la cubierta se reflejó un sol muisca dibujado en la cúpula y se proyectó una rosa de los vientos, que se formaliza con la marquesina superior de la cubierta, mostrando el detalle y simbolizando la importancia de ese elemento.

El proyecto al concebirlo integralmente, desde el inicio planeo la racionalización y recolección de las aguas lluvias, grises y negras, manejo los residuos sólidos y líquidos, busca bio climatización; comenzando por el emplazamiento que potencia la energía solar pasiva, hasta los estudios y la aplicación de la proporción de las paredes, para ofrecer condiciones térmicas confortables; ideas en un principio creadas como hipótesis, y posteriormente a comprobar en el tiempo; tarea a realizar en la post ocupación. para monitorear y evaluar los resultados.

4. INNOVACIONES TECNOLOGICAS

Las técnicas de construcción con tierra, que parten del pasado, construyen en el presente, y con una visión futurista, buscan exaltar las potencialidades, es la primera innovación.

Estas técnicas buscan estimular varios aspectos sensoriales: como las texturas, los colores, las formas, y evidenciar las cualidades físicas como lo térmico, la sonoridad, y la seguridad y protección.

Son antiguas técnicas, con proyección futura (como la TAPIA PISADA, el BAHAREQUE, el ADOBE mejorado o de maquina denominado BTC-BLOQUE DE TIERRA COMPRIMIDO, que en el proyecto se recrean con formas artísticas y diseños preconcebidos), juegan en el volumen, estimulan los sentidos con texturas y colores que aporta el mismo material TIERRA y permiten disfrutar otras posibilidades arquitectónicas.

El 80 % de las paredes son de bloque de tierra comprimida, o BTC, elaborado con el insumo local, los bloques se produjeron con dos máquinas CINVA RAM durante tres semanas, el producto es un BTC de color natural con la tierra de un tono amarillo crema, que ofreció una bella estética a los muros.

Las paredes por las temperaturas oscilantes entre la noche y el día, al estar bajo la zona de confort, por ello se proyectaron paredes dobles de 30 cm. de ancho, y con una cámara interior de aire, en México ha sido denominada esta técnica de. "Estibas", al dejar espacios interiores vacíos y para esta obra en la post -ocupación se realizara un seguimiento de las condiciones térmicas entre el interior y exterior, para conocer un resultado sistémico y bioclimático comparable.



Figuras 4 a y 4 b La tierra como esencia del proyecto en bloques de tierra prensado BTC , Tapias pisadas y bahareque (Lucia E. Garzón)

Un 10% de las paredes se realizaron con tres tapias pisadas de 30 cm, jugando con los tres colores ofrecidos en el terreno y con cal, como elemento estabilizador.

Las tapias hacen parte de proyecto de diseño y son artísticas, usadas como remate visual del espacio múltiple y de la alcoba.

La tercera técnica, es el bahareque, usado para una pared más liviana en el segundo piso o altillo, y fue realizado con cañas locales, tierra del lugar. Y ventanas recicladas de neveras, recurso económico, son virios templados que vienen ya en un formato que exige realizar el diseño a partir de esas proporciones.

Obras innovaciones técnicas son:

- a- la **cubierta semi plana** de la habitación hecha con tierra y cal, como aislante térmico se colocó carbón vegetal en una capa intermedia entre la caña, material de soporte y la superficie impermeable. Se instalaron tres capas tierra, cal y arena, ofreciendo una cubierta aislante térmica, acústica, electromagnética, que absorbe la humedad ambiental, bello acabado, que evoca la cultura tradicional local, de las casas vernaculares.
- b- La **escalera catalana**, es una técnica antigua de arcos tabicados, fue retomada de la tradición ibérica y transferida para el ascenso al altillo. Realizada por primera vez en esta obra. con tabletas cerámicas e 20 x 10 x 3 cm, livianas (pesan un kilo), la primera capa es adherida con yeso y la segunda capa con "mortero terciado", se elaboran sin cimbras. El resultado es muy económica y fácil de elaborar con mano de obra neófito.
- c- Los **revestimientos de cal** y arena para las paredes y las zonas húmedas, son otra innovación, que de paso disminuye el consumo de cemento y ofrece otras condiciones sostenibles de relativa importancia.

El uso de la cal como cementante ofrece beneficios, tanto en la calidad de la adherencia entre materiales como en la resistencia mecánica, todos aspectos importantes en la sostenibilidad, con un menor impacto ambiental, en relación al cemento industrial, como bajas emisiones de CO2 y ser reciclable.

- d- La cobertura fue una de las actividades experimentales e innovadoras en Colombia y para ello se solicitó asesoría para transferir y aplicar la técnica de las **bóvedas mexicanas**.

Considerando que la obra está emplazada en una zona de sismicidad media, esta cúpula en nuestro país, es de grandes dimensiones; por ello, estuvo acompañada por asesores profesionales, en este tipo de experimentaciones}, no permite solo lo empírico, para ello el ingeniero calculista de gran prestigio en el país, Sr Luis Guillermo Aycardi, revisó desde el diseño inicial estructural, y con su vasta experiencia profesional, por más de 50 años, aplicando las normas colombianas de sismo resistencia (NSR 10), acompañó el diseño estructural y realizó las recomendaciones para los reforzamientos de las vigas catenarias. Adicionalmente, se está evaluando la forma de homologar este tipo de estructuras para zonas sísmicas dentro del concepto de cubiertas con cascarones de concreto, que están ya normalizados.

Con esta alternativa técnica, el uso del ladrillo recargado, para las CUPULAS Y BOVEDAS, se propuso como objetivo ampliar y estudiar con una nueva investigación este proyecto.

El cerramiento del techo se proyectó con el diseño denominado por los mexicanos como “**cúpula pañuelo**”, donde las puntas o base de la cubierta, sale del piso, y se eleva en lo alto, hasta formar la esfera, generando unos mantos, que unen paredes a la cubierta, sin elementos horizontales y/o ninguna estructura.

Todo parte de las cinco columnas vigas en forma de arco catenario, con una cimentación de zapatas y un anillo superior que funciona como viga de amarre.

Esta cúpula de 10 metros de diámetro y 6 metros de altura fue proyectada con el apoyo del Arq. Mexicano Sr ALFONSO RAMIREZ PONCE, maestro y promotor de estas técnicas quien por cerca de 35 años ha investigado y difundido estas alternativas de cubiertas, demostrando que es de menor costo que muchas otras cubiertas.

La obra de la cúpula fue realizada en tres semanas con una superficie de 120 m² elaborada por los maestros bovederos experimentados: Nacho Dorantes padre e hijo. Fue realizado con mortero tipo “terciado” que contiene cal, cemento y arena, y se dibujó en la parte más alta un sol muisca, recreado de un “huso” ancestral, que es un objeto tradicional para hilar la lana de la oveja.

La cubierta se elaboró con un ladrillo cocido de alta resistencia, de formato 20 x 10 x 4.5 cm., que pesa en promedio 1.5 k y fue un material que se había experimentado en obras anteriores. Fue adquirido en una ladrillera semi artesanal, que garantiza la estandarización del producto y una calidad en la resistencia mecánica. Son ladrillos extrusados y quemados a altas temperaturas, dentro de un plan ecológico de la empresa, que lo rige por el acuerdo de Kioto.

El reforzamiento de la cúpula se realizó con malla electro soldada y una capa de concreto entre 4 a 5 cm, dejando una cobertura de casi 16 centímetros.

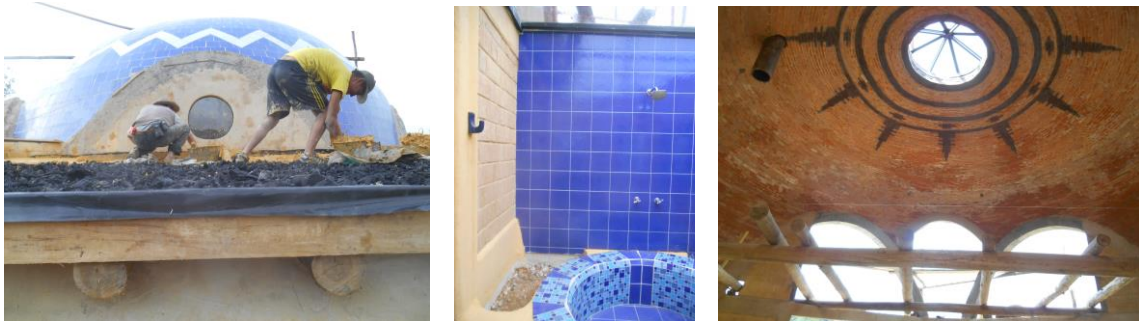
En este caso el valor económico, esta obra salió equivalente a 65 dólares por m², siendo adicionalmente más ecológicas y estéticamente hermosas y diferentes.

Para la impermeabilización se optó por experimentar con tableta cerámica de 20 cm, x 20 cm, x 3 mm de espesor, colocada de forma artesanal, con un diseño. Como alternativa de acabados para zonas húmedas y desde ahora entra en fase de ensayo, para evaluar la funcionalidad en las condiciones ambientales, en esta zona de mediana pluviosidad.

La instalación de este cerámico, resultó un poco compleja, demoró más tiempo que la elaboración de la cúpula misma, esto se presentó por la inexperiencia del personal con estas formas curvas, por la altura, las proporciones y los riesgos de estar sobre seis metros de altura, en el ojo de la misma.

La tableta es una cerámica nacional, usada para baños, en pisos y paredes.

El color que se eligió: azul índigo, tuvo como criterio la absorción de energía, por mimetizarse con el cielo, al jugar con los colores del bosque, tono que armoniza el verde intenso y los azules verdosos de las montañas.



Figuras 5 a, b, c- Detalles de la cúpula, baño y sol interior (Lucía E. Garzón)

Para el diseño de la cobertura se dibujó una greca en zigzag de color blanco, conjugando de la cal en otras líneas del proyecto. Este elemento del dibujo es típico de la iconografía muisca que representa la montaña, es como acercar lo supremo con lo terrenal, lo sagrado a lo humano, y la montaña al cielo, cargando de energía el lugar. E interiormente se dibujó un sol muisca. Arte, filosofía y simbolismo

5. CRONOGRAMA Y PROGRAMACION DE OBRA

El proyecto se realizó en seis meses, desde la etapa inicial de acondicionamiento, hasta la etapa de acabados.

La obra es casi una colonización y es un proyecto pionero, debido a que en esta zona rural, no cuenta con los servicios de infraestructura básicos, como energía, vía de acceso y agua potable.

Primer mes: comenzó el trabajo de la accesibilidad de los vehículos, demorando aproximadamente dos meses hasta lograr estabilidad en el suelo y permitir la entrada de los materiales, previamente se planificó extraer el recurso de la tierra para elaborar el insumo primordial para la construcción.

En ese momento, también se construyó el pozo de la cal y se adquirieron 10 toneladas de cal viva para apagarla progresivamente.

Segundo mes: se inició la producción de los BTCs, (7.000 unidades) los cuales fueron realizados con el suelo de la cimentación y parte de la movilización de tierras que se realizó con sumo cuidado para aprovechar las capas de los suelos.

Tercer mes se comenzó con las fundaciones de concreto, las zapatas y la base de las estructuras, para continuar con la mampostería de BTCs, y de Tapias pisadas.

Cuarto mes: Paralelo a la mampostería se realizan las instalaciones hidráulicas, sanitarias y eléctricas, y se comienza el proceso de construcción de los arcos en catenaria en concreto. Se realiza la cúpula que demora 21 días de construcción y cubre 90 m² de superficie plana.

Quinto mes: Cobertura de habitación con techo semiplano de tierra y cal, se realizan los revestimientos de algunas paredes, acabados como enchapes de paredes y pisos del baño.

Sexto mes: Colocación de carpintería, construcción del entrepiso de madera y pared de bahareque. Instalación de piso de madera del salón y acabados en general.

En síntesis la obra con este carácter experimental, formativo y holístico, es una obra que puede competir con el mercado constructivo al hacerlo en un plazo relativamente corto, teniendo en cuenta que las condiciones rurales hacen que sea más lento y complejo esta tarea de construir. Se logró la meta de quebrar el paradigma de lentitud y baja calidad que tiene la tierra como material.

TRANSFERENCIA TECNOLOGICA DENTRO DE LA OBRA

TALLER DE FORMACION

Una obra es un taller permanente de formación, tanto para los profesionales que participan, como para los obreros que la ejecutan, durante la obra todo el personal que trabajo allí, descubrieron otras posibilidades técnicas.

Como política profesional, y potenciando las obras que son laboratorio, y permiten transferir tecnologías, se realizó en el mes de abril un taller de formación abierto a profesionales e interesados, el TALLER INTERNACIONAL DE CONSTRUCCION SOSTENIBLE, que tuvo una duración de 40 horas, fue denominado DIALOGANDO CON LA TIERRA al que asistieron 32 personas, de ellas algunos extranjeros.

Los talleres son una forma de educación informal, donde el propósito del espacio cumple con el objetivo de ser creado se proyecta a futuro semestralmente realizar talleres en este espacio.

Los temas desarrollados fueron 5 técnicas.

- 1'-Tapia pisada artística
- 2- BTC y laboratorio de suelos
- 3- Revestimientos con cal, pañete marroquí
- 4- Escalera catalana
- 5- Cúpula pañuelo de ladrillo recargado.

La escuela que promueva CUIDAR se pretende gestar y nutrir permanentemente ahora con el espacio tangible del proyecto IEIASCA.

Currículum

Lucía Esperanza Garzón, Arquitecta (U. Piloto de Colombia), participante de la Red Proterra y ex miembro del consejo consultivo. Diseña, construye, investiga y transfiere tecnologías en cursos, diplomados y talleres. Gestiona y coordina pedagógicamente diversos programas de formación; promueve la educación informal con tecnologías sostenibles con TIERRA.

**BAIXO IMPACTO NA ÁFRICA:
BIOCONSTRUÇÃO COMO FERRAMENTA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL
E DESENVOLVIMENTO LOCAL SUSTENTÁVEL****ECOBAIRRO MUQUINQUIM
HABITAÇÕES SUSTENTÁVEIS DE INTERESSE SOCIAL****Márcio Holanda e Paulo Rodriguez****1 INTRODUÇÃO**

Este documento apresenta, em linhas gerais, um trabalho de Cooperação Internacional para Transferência de Tecnologias de Bioconstrução, realizado no ano de 2012, em São Tomé e Príncipe - África, o qual culminou na execução de uma segunda obra no ano seguinte, 2013, com contexto institucional e cenário socioambiental bem distinto da primeira obra, demonstrando assim a viabilidade técnica e financeira da construção em terra crua e de outras eco técnicas apropriadas naquele país.

A República Democrática de São Tomé e Príncipe, país insular na costa oeste do continente africano, representada pela Direção Geral de Ambiente, Ministério das Obras Públicas e Recursos Naturais, em parceria com a ONU – Organização das Nações Unidas, com recursos do AAP – Africa Adaptation Program (Programa de Adaptação às Mudanças Climáticas na África), necessitava desenvolver ações de combate ao quadro local de carências socioambientais.

Através de carta-convite aos arquitetos Marcio Holanda e Paulo Rodriguez, sócios do escritório Baixo Impacto Arquitetura, sediado em Florianópolis /SC - Brasil, foram solicitadas propostas de soluções sustentáveis e de baixo custo para edificações habitacionais de interesse social, que deveriam ser construídas com materiais alternativos ao uso de madeira e areia, cuja extração excessiva tem causado sérios problemas ambientais àquele país.

Para atender a esta demanda foi realizado inicialmente um intensivo processo de pesquisa via internet sobre a realidade construtiva e dos recursos naturais daquele país, de forma a complementar os dados fornecidos pelo governo sobre o diagnóstico socioambiental por eles realizado no âmbito do Programa de Adaptação às Mudanças Climáticas, promovido pela ONU.

Em janeiro de 2012, a equipe técnica da Baixo Impacto Arquitetura realizou uma visita de duas semanas na Ilha de São Tomé, com o foco na investigação local para confirmação e/ou refutação das hipóteses levantadas na etapa de pesquisa e estudos preliminares para o plano de ação.

Nesta visita de investigação foram percebidos e registrados:

- a) As tipologias construtivas consideradas como problemáticas e causadoras de impacto ambiental, pelo consumo excessivo de madeira (causando intensivo desmatamento de florestas) e de areia litorânea, pela ausência de minas fluviais no país (causando grande erosão costeira);
- b) Disponibilidades e custos de materiais no mercado da construção civil local, assim como o nível de qualificação profissional e tipo de mão de obra presente em âmbito nacional;
- c) A viabilidade de outros recursos naturais renováveis disponíveis, como pedra, terra e bambu, assim como oportunidades de reaproveitamento de resíduos para uso como materiais de construção, alternativos ao uso intensivo de madeira e areia;
- d) As tipologias construtivas adequadas, com bons exemplos de soluções bioclimáticas, realizadas ao longo do processo histórico de colonização portuguesa no país.

2 DESCRIÇÃO DO PROGRAMA

Com base nesta investigação foi proposto pelos arquitetos um projeto piloto de habitação social que atendesse aos quesitos de baixo custo e baixo impacto ambiental, adequado à realidade climática e aos hábitos culturais da população local.

O uso da terra crua tinha posição de destaque pelo fato de atender perfeitamente aos dois maiores problemas a serem combatidos: o impacto ambiental e a dependência tecnológica e financeira, causados pelas construções até então praticadas naquele país.

Porém, para atingir à expectativa de redução dos custos, se fazia necessária a escolha de outros elementos construtivos alternativos, para substituir o uso excessivo de madeira, de concreto e de aço do padrão construtivo local.

O projeto foi elaborado e apresentado de forma a dar ênfase às etapas construtivas onde seria possível a redução de custos solicitada e ao mesmo tempo justificando a redução do impacto ambiental e a eficiência dos materiais nos aspectos climáticos e energéticos em cada etapa – Fundação, Piso, Paredes, Aberturas e Cobertura.

O objetivo principal do trabalho foi estabelecer as bases para que estas tecnologias fossem assimiladas e pudessem ser praticadas com autonomia pela população local.

O governo do país e a ONU, após perceberem o contraste técnico e financeiro do projeto proposto em relação aos padrões até então ali praticados, solicitaram que além da capacitação profissional, a execução do projeto piloto fosse realizada em formato de uma vila rural de dez casas, para servir também como modelo de ocupação sustentável do território e base para um programa habitacional a ser implantado nacionalmente.

2.1. Processo de Transferência Tecnológica

O trabalho foi executado em cinco meses cumprindo um formato especial, o qual atendeu simultaneamente a três componentes complementares, mas distintas em atenção, informações e tempo:

- Transferência tecnológica para moradores do Distrito de Lobata, para operários de empresas construtoras locais e para funcionários do governo santomense.
- Produção de Materiais Alternativos de Construção: Cascajes, Adobes e Forro de Bambu.



Figura 1 – Processo de Capacitação e Produção de Materiais Alternativos de Construção (bambu, cascaje e adobe).

- Construção de 10 casas, utilizando os materiais produzidos no próprio canteiro de obras pelos aprendizes, juntamente com outros materiais naturais da região e os adquiridos no mercado local da construção civil.

O conjunto construído foi organizado conforme um plano urbanístico conceitualmente sistêmico e voltado para a sustentabilidade de seus habitantes.



Figura 2 – Projeto Urbanístico para um Protótipo de Vila Rural Modular

2.2. Programa de Necessidades da Habitação

A edificação piloto, com uma área construída total de 63,00m², abrange as funções de sala de estar/refeições (19,93m²), dois dormitórios (9,28m² cada), banheiro (3,70m²), cozinha (4,99m²), por onde se tem o acesso de serviço e varanda (8,74m²) configurando o acesso social da casa.

Tem como complemento uma área externa de 10,17m², composto de piso cimentado com fundação em pedra, sob o beiral da cobertura atrás da cozinha destinada ao tanque de lavanderia e serviços gerais, assim como duas escadas de acesso, uma social e outra de serviço. Esta área somada à edificação em si, resulta numa ocupação de 73,17m².

Por sua vez, a área de projeção da cobertura equivale a 105,70m², devido a seus amplos beirais. A área total do telhado é de 125m², quando são somados os quatro planos de cobertura devido à sobreposição de seus beirais.

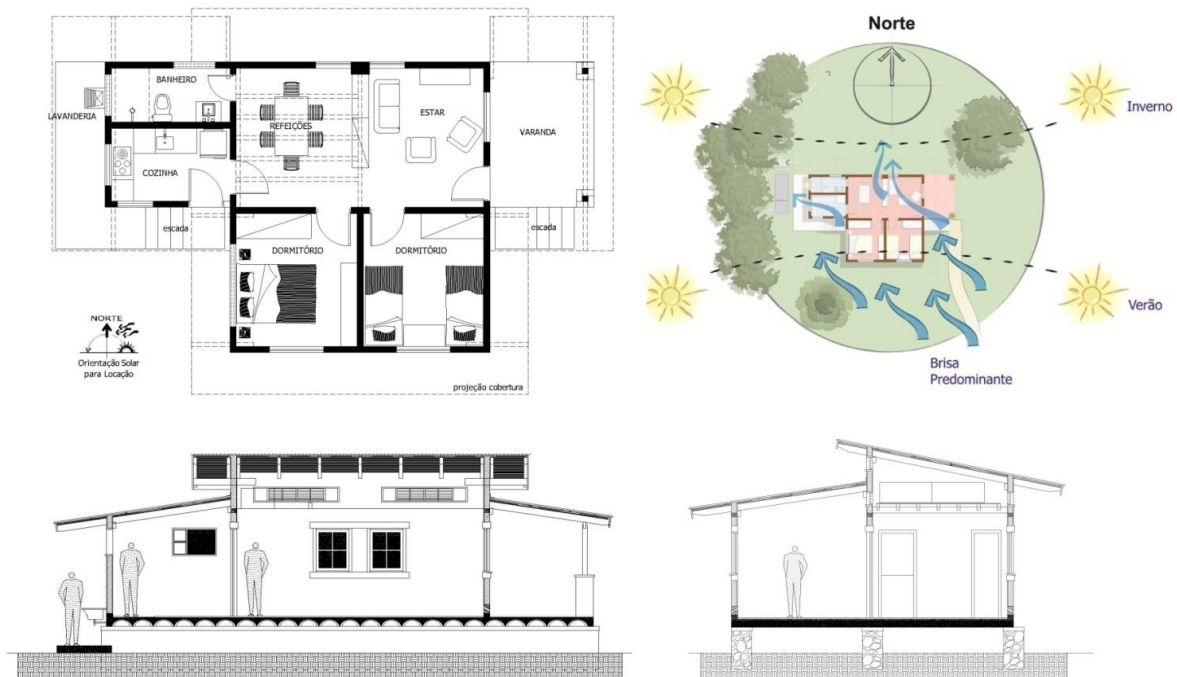


Figura 3 – Projeto Piloto para Habitação e Locação com relação bioclimática com o lote.

3 PARTIDO ADOTADO

3.1 Conforto Bioclimático e Eficiência Energética

As estratégias utilizadas para a conquista de um nível satisfatório de conforto ambiental desta edificação estão associadas à integração (proteção e aproveitamento) desta às características climáticas regionais. Chove bastante no país inteiro, com três meses de estiagem, mas esta região é a mais quente e seca da ilha devido à degradação ambiental.

- **Orientação Solar:** tendo em vista o movimento aparente do sol ao longo do dia e do ano, assim como em função da direção dos ventos predominantes (sul e leste), esta habitação foi implantada no terreno com a sua maior dimensão alinhada com o eixo leste oeste, ou seja, as maiores fachadas estão voltadas para norte e para sul. Com esta orientação, a varanda (acesso social) está voltada para o leste, enquanto a cozinha e banheiro (zona de serviço) estão voltados para oeste, o que proporcionará uma boa captação da brisa pelos dormitórios (ao sul) e pela sala através da varanda (ao leste) e ao mesmo tempo, a retirada do calor e da fumaça gerada na cozinha sem atravessar a edificação.
- **Sombreamento e resfriamento do ar externo:** O entorno da edificação deve ser arborizado com espécies de copa alta ao leste, permitindo o resfriamento do ar por sombreamento do solo, assim como a captação da brisa refrescante para ventilação da edificação. O setor a oeste deve ser arborizado para promover uma barreira térmica contra a incidência da radiação solar poente, evitando que esta atinja a edificação e aumente a sua temperatura. Os longos beirais também promovem sombreamento nas paredes e aberturas.
- **Ventilação cruzada e efeito chaminé:** As janelas de venezianas fazem a captação do ar frio externo, enquanto as aberturas no alto das paredes permitem a ventilação cruzada nos ambientes e a renovação permanente do ar e da umidade no interior da edificação. Estas aberturas superiores estão logo abaixo da cobertura, com longos beirais para proteção destas contra as chuvas.
- **Piso elevado e longos beirais:** Para evitar que a umidade externa excessiva, decorrente das chuvas, atinja a edificação utilizamos longos beirais na cobertura e a elevação do nível do piso que se apoia sobre fundações lineares as quais permitem a livre circulação da água que escorre na superfície do solo.
- **Isolamento térmico:** As paredes construídas com terra crua e fibras vegetais promovem um grande isolamento térmico da edificação, evitando que o calor externo penetre e aqueça o ar interno. Os longos beirais e varandas promovem sombra nas paredes evitando a radiação solar direta e o cúmulo de calor decorrente da grande inércia térmica das paredes de terra.

3.2 Materiais de baixo impacto ambiental e de baixo custo:

As características básicas destas tecnologias construtivas são:

- a)** O conceito fundamental que norteia este item do nosso trabalho é o “Uso Nobre dos Materiais”, a partir do qual foi percebida a vocação de cada material disponível e o direcionado para o elemento construtivo mais adequado na edificação. Por exemplo: a pedra para as fundações, a terra para as paredes e a madeira para a cobertura e aberturas;
- b)** A utilização de materiais naturais (pedra, terra, fibras vegetais, bambu), com baixo nível de energia incorporada para a sua produção, cujo ciclo de vida consiste basicamente das etapas de extração e transporte ao local da obra, além da possibilidade de reutilização após a demolição da obra quando necessária, não deixando resíduos poluentes deste processo;
- c)** Redução do uso de cimento, aço e de outros materiais importados que causem dependência e elevação de custo do processo construtivo;
- d)** Redução do uso de madeira e de areia, principalmente por que o consumo indiscriminado destes materiais tem causado degradação significativa no meio ambiente da região de implantação desta obra;

e) Facilidade de assimilação da técnica e da disponibilidade dos insumos, gerando grande acessibilidade à população de baixa renda.

4 ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS POR ETAPAS DA OBRA

4.1 Fundação e Laje de Piso:

Foi utilizada nesta edificação a fundação do tipo direta, composta de alvenaria de pedra da região, assentada com argamassa de cimento e areia, com dimensões de 0,50m de largura por 1,00m de altura, sendo enterrado 0,40m e elevado do nível natural do terreno 0,60m, com um formato linear no sentido longitudinal da edificação, distribuída em três fileiras que recebem as lajes pré-moldadas, compondo uma estrutura do tipo bi-apoiada.

Piso elevado em laje tipo cascaje, com capeamento de 4cm em concreto armado com malha soldada de ferro 4,2mm.

4.2 Paredes de Adobe:

Como nivelamento e proteção contra atrito e umidade durante o uso da edificação, as paredes foram apoiadas sobre uma cinta de concreto com 0,10m de altura por 0,15m de largura. Esta cinta também eleva e protege a primeira fiada da parede contra o acúmulo de água no piso decorrente de chuvas durante a obra.

As paredes são alvenaria autoportante de adobes, confeccionados com terra crua e fibras vegetais, neste caso foi usada a serragem de madeira por ser um abundante resíduo local.

Nesta obra, devido à exigência de maior velocidade para atender ao curto prazo estabelecido, foram integradas algumas medidas técnicas ao sistema tradicional da alvenaria de adobe, como descrito abaixo:

- ✓ Argamassa de assentamento estabilizada com cimento e areia para acelerar o processo de secagem e estabilidade da alvenaria;
- ✓ Cintas intermediárias de 10x15cm em betão armado com uma barra de ferro 6 mm, em altura de contra-verga de janela e na altura de telhado.

As paredes de adobe receberam reboco de terra estabilizada como revestimento de proteção contra umidade e atrito.

Primeiro aplicou-se na parede um chapisco com argamassa de cimento, areia e terra (1/2/4), para aumentar a aderência da primeira camada de reboco. Esta primeira camada é grossa e bem rugosa. Finalmente esta é coberta com uma argamassa fina de cal, cimento, areia e terra peneirada (1/2/10/20). O traço desta “capa fina” foi melhorado no decorrer da obra, com a redução ainda maior do cimento e da areia $(1,5/ 2,5/ 5/ 30) = (1/ 1,67/ 3,33/ 20)$.

4.3 Cobertura

Como redução de custos, foram utilizadas telhas leves de zinco, tradicionais na região, sobre estrutura de madeira e forro de esteiras bambu, para acabamento e amortecimento térmico.

4.4 Aberturas

Portas de madeira maciça e janelas em veneziana, com tela anti-mosquito, para ventilação permanente com partes em madeira e vidro para iluminação natural. Confeccionadas na própria obra.

4.5 Instalações

Geração de energia fotovoltaica para padrão popular de instalação elétrica.

Uso de água da chuva e tratamento biológico do esgoto doméstico com reuso nos jardins da casa.

4.6 Pintura

Tinta à base de cal, com adição de cola branca e óleo de linhaça. Aplicação em cinco cores com pigmentos líquidos.



Figura 4 – Maquete explodida e fotos das tecnologias construtivas.



Figura 5 – Casas concluídas.

Currículos

Márcio Holanda Cavalcante

Arquiteto e Urbanista pela Universidade Federal do Ceará – UFC em 2001
 Formação em Permacultura pelo IPEC em e Instituto de Permacultura da Bahia no ano 2000.
 Formação em Bioconstrução pelo Tibá no ano 2000.
 Trabalha com técnicas de bioconstrução desde 2003.
 Desde 2008 desenvolve bioconstruções no escritório Baixo Impacto Arquitetura

Paulo Roberto Pires Rodriguez

Arquiteto e Urbanista pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS / RS em 1986
 Formação em Bioconstrução pelo Tibá.
 Desde 1989 trabalha com técnicas de bioconstrução.
 Desde 2008 desenvolve bioconstruções no escritório Baixo Impacto Arquitetura

**BAIXO IMPACTO NA ÁFRICA:
BIOCONSTRUÇÃO COMO FERRAMENTA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL
E DESENVOLVIMENTO LOCAL SUSTENTÁVEL****ECOLOGDE PRAIA JALÉ
REABILITAÇÃO ARQUITETÔNICA E URBANÍSTICA****Márcio Holanda e Paulo Rodriguez****1 INTRODUÇÃO**

Este documento apresenta em linhas gerais um trabalho de Cooperação Internacional realizado pela empresa brasileira, Baixo Impacto Arquitetura, na República Democrática de São Tomé e Príncipe – África, no ano de 2013.

Este trabalho consistiu no uso de tecnologias de bioconstrução como ferramenta de proteção ambiental e desenvolvimento local sustentável, condições ecológicas solicitadas para as obras de Reabilitação Arquitetônica e Urbanística do Ecolodge da Praia Jalé, um acampamento eco turístico localizado numa vila de pescadores e agricultores ao extremo sul da ilha de São Tomé.

A referida obra foi contratada por duas ONGs locais - Associazione Alisei em consórcio com a ONG Marapa - no âmbito do projeto “Reforço do Ecoturismo comunitário na periferia do Parque Natural Obô de São Tomé”, financiado pelo RAPAC - Rede de Áreas Protegidas da África Central /ECOFAC5.

A sua execução foi uma das consequências do êxito e continuidade do Processo de Transferência de Tecnologias de Bioconstrução, realizado pela mesma empresa naquele país no ano anterior, 2012, no qual foram capacitados empreiteiros locais e aprendizes iniciantes na construção civil.

Os contratantes, convencidos da viabilidade técnica e financeira do sistema implementado na primeira obra (Habitações Sustentáveis de Interesse Social), investiram na mão de obra treinada para serem os construtores deste segundo projeto, sob a coordenação e assessoria técnica da Baixo Impacto Arquitetura durante os três primeiros meses de construção, a qual seguiu com autonomia por eles, apenas com supervisão desta empresa à distância por Skype.

2 DESCRIÇÃO DO PROGRAMA

Localizado ao extremo sul da ilha, numa região bastante chuvosa e com fortes ventos à beira mar, o Acampamento Ecológico da Praia Jalé, gerido por uma associação local de pescadores artesanais com o apoio institucional da ONG Marapa em consórcio com a ONG Alisei, é um empreendimento voltado para o Turismo Ecológico e para a Conservação Ambiental ativa, com o foco na Proteção às Tartarugas Marinhas que desovam anualmente no litoral santomense e na Educação Ambiental e Integração Sustentável com os Ecossistemas Costeiros, com trilhas e passeios de barco guiados pelo leito navegável do Manguezal do Rio Malanza.

Além do planejamento arquitetônico e urbanístico do empreendimento, o trabalho consistiu no apoio técnico à SAISSEM - empresa de construção santomense capacitada em técnicas de bioconstrução em 2012 - contratada pelo consórcio para executar esta obra.

Durante os três meses de assistência técnica, o trabalho dos arquitetos direcionou a obra para a sustentabilidade do empreendimento, mas ao mesmo tempo teve o alcance de suas ações condicionado ao clima chuvoso da região, assim como ao ritmo e produtividade efetiva da empresa construtora e dos fornecedores de insumos para a obra.

No entanto, adequando o seu trabalho a esta realidade, focalizaram as suas ações na realização demonstrativa de todos os elementos que compõem as obras – fundações, pisos, paredes, aberturas, cobertura e instalações – assim como o ordenamento urbanístico e paisagístico do Ecolodge, com o objetivo de elucidar as informações de projeto e capacitar os construtores na continuação e replicação dos padrões estabelecidos.

Para atender às funções de hospedagem, conservação e educação ambiental, o Jalé Ecolodge elencou um programa de necessidades funcionais para as quais foram planejados os seguintes ambientes, organizados em setores descritos abaixo:

- Setor de controle e segurança: Estacionamento externo para hóspedes e visitantes; Guarita frontal, para informações e controle de acesso; Depósito, casa de máquinas e guarita posterior.
- Setor de hospedagem, reservado à privacidade dos hóspedes, com separações para seis ambientes distintos: 02 bangalôs suite (quarto e sala) com sanitário privativo; 03 bangalôs duplos com sanitário privativo; Área para campismo.
- Setor institucional / serviços: Vestiários / duchas / lavanderia coletiva; Cozinha e refeitório (com sanitários coletivos, lavanderia e rouparia); Centro de interpretação da biodiversidade (loja, exposições / salão multiuso e auditório); Incubadora de ovos de tartarugas marinhas.
- Setor de lazer, social e cultural: Área de Encontros e Acesso Livre à Praia; Passeio de Pedestre.

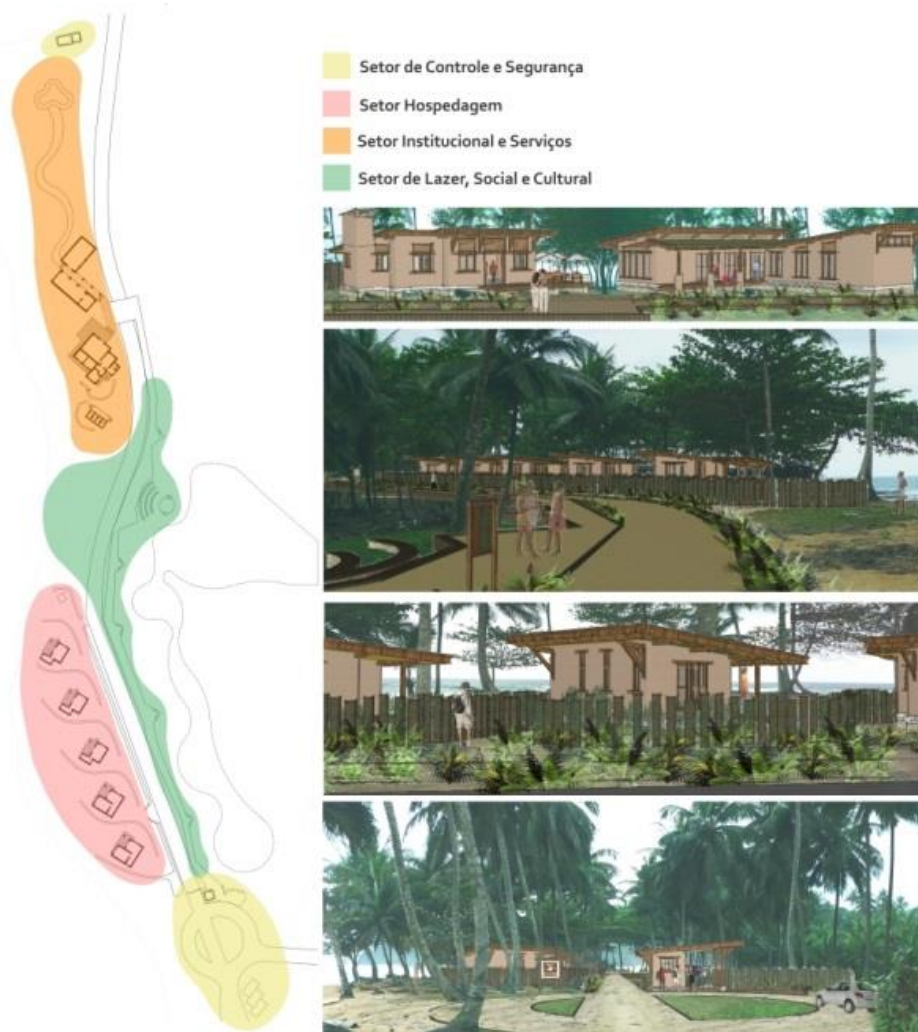


Figura 1 – Implantação Geral do Programa e Vistas das Edificações.

3 PARTIDO ADOTADO

3.1 Conforto Bioclimático e Eficiência Energética:

A adequação ao clima local com o aproveitamento dos recursos naturais e controle higrotérmico das edificações com o uso de envoltórias adequadas é a diretriz geral de sustentabilidade utilizada neste projeto.

Para proporcionar um conforto natural às edificações, dispensando o uso de equipamentos condicionadores de ar e o consumo de energia elétrica para isso, adotamos as seguintes estratégias:

- Orientação adequada das edificações objetivando a proteção contra o forte vento sudoeste, que vem do mar, e ao mesmo tempo o aproveitamento das belas vistas da praia, a noroeste;
- Aberturas para o mangue, para captação de luz natural e vistas;
- Para evitar que a umidade externa excessiva, decorrente das chuvas, atinja a edificação foram utilizados longos beirais na cobertura e a elevação do nível do piso que se apoia sobre fundações lineares de pedra, as quais permitem a livre circulação da água, que avança periodicamente com a variação de nível das marés.
- As paredes construídas com terra crua e fibras vegetais promovem um grande isolamento térmico da edificação, evitando que o calor externo penetre e aqueça o ar interno.
- O reboco de solo-cimento e a pintura à base de cal protegem a superfície externa da parede contra as chuvas com vento e a maresia, porém permitem a passagem do vapor de água entre os ambientes internos e externos, funcionando como regulador da umidade do ar.
- Assim como as paredes, também o telhado jardim confere elevada inércia térmica à edificação, devido à sua camada de solo e o sombreamento da cobertura vegetal.
- Ventilação cruzada para exaustão do calor interno e retirada da umidade excedente é proporcionada pelas aberturas em locais estratégicos;
- O local tem potencial para a geração de energia elétrica a partir de fontes limpas e renováveis (sistema micro hidráulico, eólico e/ou fotovoltaico).

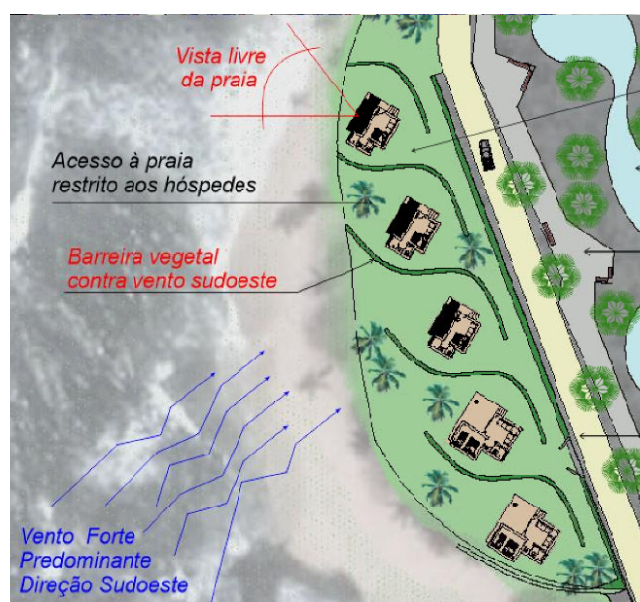


Figura 2 – Detalhes das relações Bioclimáticas na Implantação dos Bangalôs.



Figura 3 – Perfil transversal do terreno mostrando as relações dos Bangalôs com o entorno.

3.2 Materiais e técnicas construtivas de Baixo Impacto Ambiental

- Este projeto contempla a aplicação de materiais e técnicas de baixo impacto ambiental e baixo custo. As características básicas destas tecnologias construtivas ecológicas são:
 - A utilização prioritária de materiais naturais e locais (pedra, terra, areia, bambu, fibras vegetais), com baixo nível de energia incorporada para a sua produção, cujo ciclo de vida consiste basicamente das etapas de extração e transporte ao local da obra, além da possibilidade de reutilização após a demolição da obra quando necessária, não deixando resíduos poluentes deste processo;
 - Redução do uso de cimento, aço e de outros materiais importados que causem dependência tecnológica e desnecessária elevação de custo do processo construtivo;
 - Valorização e resgate da cultura construtiva tradicional da região, com a devida avaliação de qualidade e melhoramento técnico, associando-a as tecnologias ecológicas atuais;
 - Facilidade de assimilação das técnicas e de disponibilidade dos insumos, gerando grande acessibilidade à população de baixa renda;
 - Conceito do Uso Nobre dos Materiais: Cada material tem uma vocação dentro da construção civil, ou seja, possui características específicas que atendem a determinadas necessidades dos elementos construtivos;
 - O melhor aproveitamento das qualidades naturais de cada material (resistência à tração ou à compressão, impermeabilidade ou drenagem, transparência ou opacidade, isolamento térmico e acústico, flexibilidade ou rigidez) gera economia de recursos para alcançar os níveis desejados de conforto e durabilidade;
 - Utilizando-os racionalmente, apenas na medida de sua necessidade, evita-se ou reduz-se o desperdício, a poluição e/ou o consumo excessivo dos recursos naturais;
 - As importações de novos materiais, quando não se pode resolver localmente, devem gerar ação ou benefício o mais permanente e duradouro quanto possível, proporcionando mais eficiência e autonomia à edificação.

4 ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS POR ETAPAS DA OBRA

4.1. Fundação e laje de piso:

Foi utilizada nesta edificação a fundação do tipo direta, composta de alvenaria de pedra da região, assentada com argamassa de cimento e areia, com dimensões de 0,40m de largura por 0,80m de altura, sendo enterrado 0,40m e elevado do nível natural do terreno 0,40m, com um formato linear no sentido longitudinal da edificação, distribuída em três fileiras que recebem as lajes pré-moldadas, compondo uma estrutura do tipo bi-apoiada.

Piso elevado em laje tipo cascaje, com enchimento de nivelamento em massa pobre e bambu, capeamento de 4cm em concreto armado com malha soldada de ferro 4,2mm para distribuição homogênea das cargas das paredes na laje.

O piso será finalizado, após as etapas de alvenaria e cobertura, com um contra-piso (3cm) de nivelamento em concreto (traço 1:3), e em seguida receberá o acabamento de cimento queimado. Os ambientes molhados como banheiros, cozinha e lavanderia terão revestimento cerâmico no piso.

As varandas serão do tipo deck em madeira, com estrutura de vigas 8x16cm, caibros 6x12cm e piso de peças de 3x10cm. Deverão receber tratamento com óleo de linhaça natural e anti-cupim.

4.2. Paredes

Como nivelamento e proteção contra atrito e umidade durante o uso da edificação, as paredes serão apoiadas sobre uma cinta de concreto de concreto (traço 1:3), com 0,10m de altura pela largura da parede.

As paredes serão do tipo alvenaria estrutural de adobes, acrescentando fibras vegetais para estabilização das retrações naturais da argamassa após o processo de secagem.

Os adobes, em paredes duplas de 30cm de largura, são assentados com argamassa de terra, areia e cimento (traço 3: 2: 1).

Quando a parede chega à altura da inclinação do telhado, esta é finalizada com uma cinta de amarração em concreto com 10 cm de altura, armada com apenas uma barra de ferro 6 mm, a qual distribui uniformemente sobre a alvenaria estrutural de adobes as cargas pontuais das vigas de cobertura.

As paredes de adobe receberam reboco de terra estabilizada com cimento, como revestimento de proteção contra umidade e atrito.

A pintura utilizada será a tinta à base de cal, produzida na obra.

Os ambientes molhados como banheiros, cozinha e lavanderia terão revestimento cerâmico ou pintura lavável (conforme disponibilidade no mercado) até altura de 1,80m.

As paredes externas voltadas para sudoeste, direção predominante do vento, receberão tratamento especial com produto hidrofugante do tipo resina acrílica à base d'água.

4.4. COBERTURA (Telhado Jardim)

Para a estrutura de cobertura serão utilizadas peças de madeira serrada para as funções de vigas, terças e mãos-francesas, com acabamento em óleo de linhaça.

Todo os caibros serão de bambu, tratado com ácido bórico e bórax, com diâmetro de 10 a 12cm, espaçados a cada 25cm de eixo.

A primeira camada do fechamento, acima dos caibros de bambu é o forro feito com de esteiras de andala, produzido localmente, que deverá receber proteção de óleo de linhaça.

Acima do forro é aplicada a camada impermeável, resistente a raízes - a geomembrana de PEAD (Polietileno de Alta Densidade) - com espessura de 1mm. Esta impermeabilização deve envolver as abas, peças laterais de madeira que formam a "caixa de telhado jardim", conforme detalhe gráfico no projeto.

A camada seguinte é um geocomposto que associa as funções de drenagem e filtro, o qual retém o solo e permite a passagem da água. Este material substitui a areia, conferindo mais leveza à cobertura.

Como elemento final, é aplicado o solo fértil com a cobertura vegetal do tipo rasteira, nativa ou adaptada na região da obra.

4.5. ABERTURAS

Portas e janelas de madeira e vidro para iluminação natural, com trechos de tela anti-mosquito, para ventilação permanente.

As portas tem vergas de madeira serrada, com 10x20cm, sempre 20cm maior que o respectivo vão da abertura.

As janelas tem vergas e contravergas com o mesmo padrão descrito acima para as portas.

São de abertura pivotante e utilizados sistemas simples de trancas e puxadores para as portas e janelas, do tipo tramelas de madeira com controle interno, além de pivôs de aberturas em pinos de bambu, para substituir dobradiças, com o objetivo de evitar a oxidação precoce dos metais, comum nesta região devido à intensa maresia marítima, além de reduzir custos de importações e conferir aspecto rústico e artesanal.

Foi utilizado óleo de linhaça para a pintura de proteção das aberturas.

Garrafas de vidro foram reutilizadas em painéis de terra crua para iluminação natural.

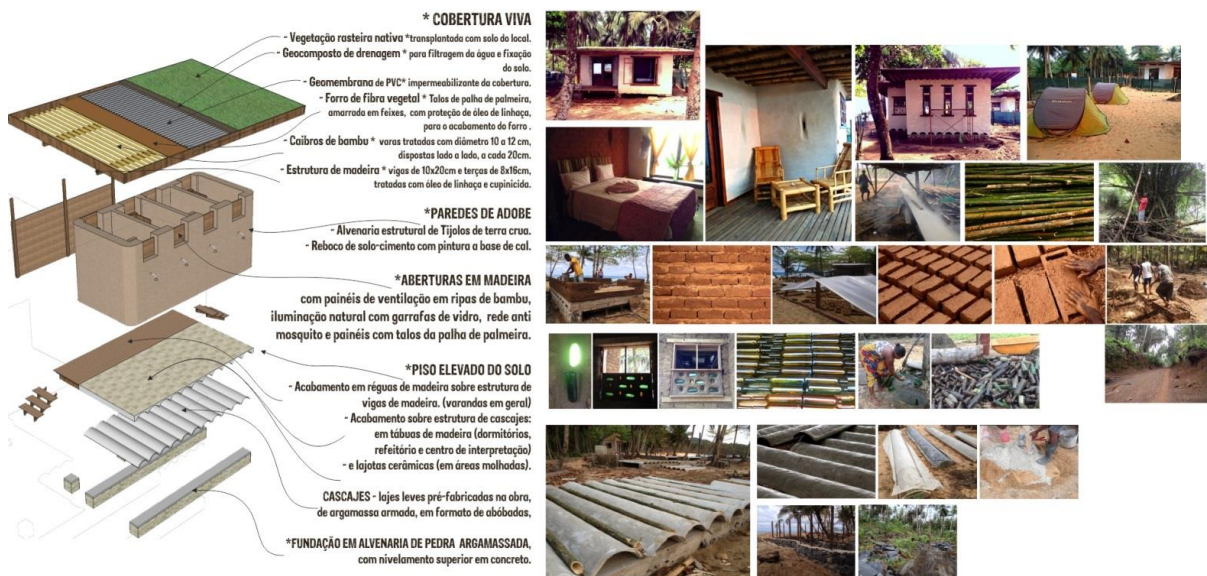


Figura 4 – Perspectiva explodida e fotos do sistema construtivo

Currículos

Márcio Holanda Cavalcante

Arquiteto e Urbanista pela Universidade Federal do Ceará – UFC em 2001
 Formação em Permacultura pelo IPEC em e Instituto de Permacultura da Bahia no ano 2000.
 Formação em Bioconstrução pelo Tibá no ano 2000.
 Trabalha com técnicas de bioconstrução desde 2003.
 Desde 2008 desenvolve bioconstruções no escritório Baixo Impacto Arquitetura

Paulo Roberto Pires Rodriguez

Arquiteto e Urbanista pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS / RS em 1986
 Formação em Bioconstrução pelo Tibá.
 Desde 1989 trabalha com técnicas de bioconstrução.
 Desde 2008 desenvolve bioconstruções no escritório Baixo Impacto Arquitetura

CASA DA PEDREIRA – TIRADENTES MINAS GERAIS - BRASIL

Marcos Borges

1. INTRODUÇÃO

Praticando a tradição construtiva, o "saber fazer" local, no desenvolvimento desse projeto e na sua construção em Tiradentes - MG, ficou evidente a contemporaneidade desse modo construtivo, que responde satisfatoriamente as premissas atuais de: usar materiais com baixo impacto proveniente da região, dinâmica construtiva que permita a reutilização, o reaproveitamento e respeito a cultura local. Nesse significativo núcleo histórico formado no ciclo do ouro brasileiro nas Minas Gerais do sec. XVIII, onde os sistemas construtivos que contemplam a terra crua sempre foram amplamente utilizados, com os materiais trabalhados por mãos habilidosas, herança e tradição local, produzimos uma arquitetura onde pudemos explorar as texturas, e todo o potencial desses belos materiais naturais, entendendo sua fragilidade e sua autenticidade.

2. PROGRAMA

Este projeto teve como objetivo a construção de moradia para um casal com uma filha, admiradores da cultura tiradentina, que resolveram se estabelecer na cidade, visitada frequentemente. Sensíveis as mineirices e preocupados com o meio ambiente, investiram e acreditaram na possibilidade de se construir respeitando a cultura local e o meio ambiente. Família que gosta de cozinhar e receber, queria um ambiente que integrasse a área social com a cozinha e ocupasse o mínimo possível do belo terreno adquirido, o que corroborou com a legislação do sítio histórico, que é própria e rígida, responsável pela manutenção da sua ambiência. Esta é protegida e estimulada por quem procura se estabelecer com respeito e admiração pela cultura local.

3. PARTIDO ADOTADO

O terreno onde foi implantada a construção está acima da cota do centro histórico. Essa característica lhe proporciona uma visão impressionante da paisagem com a Matriz de Santo Antonio emoldurada pela serra de São José (figura 1).



Figura 1. Paisagem observada da construção.

Além dessas vantagens, tínhamos a preocupação e o compromisso de não interferir na paisagem com a implantação da construção, pois como o núcleo todo tem tombamento federal, a evidência sempre será do núcleo setecentista e seus monumentos. Assim, a

solução encontrada foi a construção em dois níveis, aproveitando uma depressão natural do terreno, que foi escavada para nivelamento e escorada por muro de arrimo em pedra argamassada, outro sistema de construção tradicional local. A decisão por dois níveis, foi em função do estreitamento do local da implantação e o aproveitamento da paisagem circundante. Para tanto, fizemos exaustivos estudos para que aproveitássemos todas as qualidades do local sem interferir em demasia na paisagem.

Para a qualidade da construção e sua salubridade, não aproveitamos o arrimo como parede e sim o afastamos para que permitisse a ventilação e evitasse a umidade.

Socializamos a vista da paisagem deixando o pavimento superior para a área social e no piso inferior, organizamos a área íntima como duas suítes e escritório. A entrada principal foi feita em estrutura de madeira (figura 2).



Figura 2. Entrada principal em estrutura de madeira e em seguida a área social.

4. TÉCNICA DE CONSTRUÇÃO

Todo o projeto foi idealizado e construído em um dos sistemas construtivos tradicionais, estrutura autônoma em madeira e vedação em adobe. A fundação foi executada em concreto armado. A estrutura possui madeiras reaproveitadas, com a cobertura de telhas cerâmicas do tipo capa e canal, sendo as capas antigas reaproveitadas e as dos canais novas. A vedação foi composta por adobes reaproveitados e novos, confeccionados na região. As vedações não tem função estrutural, mas tem a fundamental função de manter o equilíbrio térmico natural no interior da edificação (figura 3ab).

A proposta vem de encontro com as preocupações atuais no sentido da utilização de técnicas e materiais com baixo impacto na sua obtenção, na sua utilização e estimulando a reutilização de materiais em grande escala, minimizando a produção de entulho, consumindo pouca energia e a valorizando a cultura local.



Figura 3: (a) detalhes da fundação, estrutura em madeira e vedação; (b) adobes antigos e novos.

Nesse trabalho, a terra crua foi associada com vários recursos que o universo construtivo regional oferecia: além dos adobes, piso em pedra da região de Prados, forro em esteira de taquara trançada, assoalho em vinhático que foi reaproveitado de outras construções, e as esquadrias foram executadas em peroba do campo reaproveitadas. O beiral foi encachorrado (figura 4).



Figura 4. Detalhes do beiral encachorrado e esquadrias.

De todos os recursos, o mais valioso foi a mão de obra, habilidosa, se envolveu com esmero em todas as etapas, percebendo que a sua história, a sua cultura estava sendo valorizada e despertando para a construção da atualidade, perceberam que além do seu maravilhoso passado estavam tendo um presente e contribuindo com o futuro.

Tiradentes, cidade barroca, cidade do barro.

Marcos Borges- “ Reco” - Arquiteto, Rio de Janeiro, Brasil.

Fundou a Oikos Arquitetura e Restauro, em 1988, com Raymundo Rodrigues, desenvolve trabalhos com terra crua, conservação e restauração.

marcosreco@oikos.arq.br

www.oikos.arq.br

CASA DA INDIA – TIRADENTES MINAS GERAIS - BRASIL

Marcos Borges

1. INTRODUÇÃO

Este trabalho é parte das intervenções da Oikos Conservação e Restauro, ocorridas em Tiradentes - MG, núcleo histórico formado no ciclo do ouro brasileiro, região das Vertentes nas Minas Gerais do sec. XVIII, onde os sistemas construtivos que contemplam a terra crua continuam sendo utilizados. Nesse projeto encontramos o **Moledo**, particularidade da formação geológica local, que é um conglomerado composto de argila, cascalho fino, e decomposição de rocha. Usado na forma de blocos regulares ou irregulares com varias dimensões, é modelável, macio no corte, resistente a compressão e é usado in natura. Está presente no imóvel, na fundação, em paredes estruturais e autoportante, nas fachadas principal e posterior. Muito utilizado na formação do núcleo histórico, podendo ser obtido através da extração do ouro, quando da aberturas das betas (termo usado para escavação dos barrancos seguindo o veio do ouro) ou extraído de jazidas para comercialização. Segundo fontes históricas, existiam duas jazidas na cidade, hoje não se extrai e não se explora o ouro, então a reutilização é a única forma para se obter esse material.

2. PROGRAMA

O imóvel está localizado na Rua Direita, tradicionalmente era a rua onde se concentrava os pontos comerciais do núcleo setecentista, ainda hoje essa característica se mantém e foi ampliada para o restante do núcleo histórico, com a crescente demanda da atividade do turismo. Esse fenômeno, repetido em outros centros históricos, fez com que os imóveis sofressem grande valorização e seus usos fossem cada vez mais voltados para o comercio turístico e moradias sazonais. O imóvel em questão já tinha um uso comercial quando foi adquirido pelos atuais proprietários, que tinham como objetivo restaurá-lo e continuar com um espaço comercial para sua rede, muito receptivos à ideia da restauração como veículo para valorizar os sistemas construtivos do imóvel, e a tradição da cultural local.



Figura 1 - Rua Direita.



Figura 2 - fachada principal

3. PARTIDO ADOTADO

O projeto de restauro propõe uma intervenção quase didática. O centro histórico manteve sua ambiência, sobreviveu à preservação fachadista mantendo os quintais e a natureza que a envolve, manteve um clima barroco. Conservou nas pessoas o dom da habilidade e a prática do preservar. Lugar rico em memória, com uma cultura de muitas tradições como a culinária, os rituais religiosos, a música e as artes em geral, que tem a origem no saber tradicional. Pensamos então em despertar nos profissionais da construção o conhecimento

que eles tinham sobre as técnicas construtivas locais. Despertar pois, mesmo sendo formados praticando os sistemas construtivos convencionais, sempre tiveram contato com o modo antigo de se construir, com os pais e avós ou mesmo convivendo nesse ambiente. O imóvel estava bem alterado na sua espacialidade original, transformado em um grande salão, mantivemos essa espacialidade e procuramos voltar a originalidade dos elementos, que intervenções muitas vezes foram danosas para a sua conservação, criando varias patologias que procuramos sanar na essência e não com paliativos. Constatamos que as alvenarias mais importantes e originais, foram executadas em moledo e decidimos então, datar as intervenções deixando esses elementos aparentes na face interna, valorizando sua textura, sua singular coloração e revestindo e pintando de branco as novas alvenarias. A mão de obra foi capacitada e incentivada a pensar nas soluções para a recuperação para que a pratica construtiva tradicional se preservasse como as manifestações regionais, que fazem desse, um local especial.

Reativando a existência do porão que havia sido aterrado na década de 80 do séc. passado, criamos um acesso interno por uma escada em caracol que também leva ao jirau, que foi pensado mantendo o forro junto ao telhado. Inundamos o interior com luz natural através do telhado e das aberturas da fachada posterior, chegando ao porão através de incrustações de blocos de vidro no assoalho.



figura 3 - interior antes da intervenção



figura 4 - interior após a intervenção



figura 5 - vista interna - fachada principal



figura 6 - acesso ao porão

4. TÉCNICA DE RESTAURO

Tiradentes, como outros centros históricos, nos oferece uma experiência abrangente na área da recuperação do patrimônio histórico. Diferente dos grandes centros onde o edifício por vezes está ilhado, nesses núcleos temos um conjunto, respira-se, absorve-se preservação por osmose. Se não temos a infra estrutura que os grandes centros podem nos oferecer, temos um ritmo e envolvimento que qualifica as intervenções. Temos a oportunidade de fazer uma ponte entre os séculos, priorizar os materiais tradicionais, tendo a tecnologia atual para ser utilizada sempre que se fizer necessário, da mesma maneira que a mão de obra trabalha com enxó, gulpião e trado, trabalha com equipamentos elétricos. Nesse universo, todo trabalho de prospecção, demolição e desmonte foram executados pela equipe que posteriormente trabalhariam na execução da restauração. A participação em todas as etapas, permite o conhecimento, o entendimento de todo o processo.

As alvenarias em moledo, blocos argamassados com areia e cal, de aproximadamente 0,80m de espessura, apresentava problemas estruturais na padieira dos vãos de janelas e porta. Nos sistemas construtivos tradicionais, na parte superior do vão, a alvenaria é suportada por madeiras permitindo a existência do vão. Nesse caso as madeiras estavam em elevado estado de deterioração, com ataque de xilófagos e apodrecimento causados pela umidade. Foram substituídas por peças de qualidade que suportam melhor o ataque da umidade, porta para maioria das patologias, além de receberem na parte de contato com a alvenaria, uma camada de carbolástico para impermeabilização. Os blocos de moledo foram rejuntados com areia e cal. Os blocos de moledo necessários para a recuperação das alvenarias, foram provenientes do desaterro do porão, usados também, na estabilização dos resquícios da fundação do anexo ao lado direito do corpo principal, sendo característico do correr de casas contiguas, o anexo implantado desse lado do terreno.

Os revestimentos apresentavam deslocamento e mancha de umidade, decorrente da substituição dos originais em cal e areia pelos cimentícios, promovemos a retirada e em seguida uma higienização com escovação com escova de cerdas macias. As faces que receberam o novo revestimento em areia e cal, aguardaram a completa expulsão da umidade antes da aplicação do novo revestimento, aplicado em três camadas: chapisco, emboço e reboco. As alvenarias do porão, foram as que mais tempo levaram para estar secas, devido ao aterramento a que foram submetidas.

Depois do desaterro do porão, no acesso original para o quintal, encontramos uma soleira em pedra azul (proveniente da serra de S. José) nivelada com um piso em pé de moleque recobrimo o quintal e sendo todo recuperado.

Os muros de divisa foram executados em adobes, confeccionados no Bichinho, povoado próximo a Tiradentes.

Vieram também do Bichinho, os forros feitos com esteira de taquara, que é um tipo de bambu usado em cestaria, forro tradicional da região, confeccionado pôr artesão que segue os ensinamentos de seu avô, receberam um acabamento de cal e adesivo PVA e gesso.

Ao final dos trabalhos de recuperação, constatamos que todo o processo foi conduzido com muita paixão, satisfação e muito envolvimento por todas as pessoas. O restauro traz consigo essa aura....ainda mais num ambiente como Tiradentes ou Minas Gerais, tradição.

Marcos Borges (reco) - Arquiteto, Rio de Janeiro, Brasil.

Fundou a Oikos Arquitetura e Restauro, em 1988, com Raymundo Rodrigues, desenvolve trabalhos com terra crua, conservação e restauração.

marcosreco@oikos.arq.br

www.oikos.arq.br

PROJETOS E CONSTRUÇÕES COM TERRA EM COMUNIDADES QUILOMBOLAS DO MINADOR E BOM SUCESSO

Maria Estela Rocha Ramos

A PROPOSTA

O trabalho apresentado é resultado de experiências construtivas em taipa de sopapo em comunidades negras rurais localizadas no estado do Ceará. Em 2005, houve, por parte do Governo do Ceará, através da Secretaria de Desenvolvimento Local e Regional (SDLR) e com recursos do Projeto São José, a convocação de propostas para criação, construção e instalação de dois Centros de Cultura Negra, em atendimento a duas comunidades quilombolas, Minador e Bom Sucesso. As terras destas comunidades são localizadas no município de Novo Oriente, nas proximidades da Serra Grande, divisa entre os estados do Ceará e Piauí.

A Ong Tempo Livre, sediada em Fortaleza, foi selecionada porque privilegiou a valorização dos conhecimentos produzidos pelas comunidades, no âmbito da cultura e da história locais. O trabalho coordenado pela Ong Tempo Livre, cuja proposta apresentada incorporou diversas áreas do conhecimento que fundamentaram a execução dos trabalhos, formando um corpo técnico composto pelos moradores, taapeiros, mestres de obra, sociólogo, engenheiro, historiador e arquiteto.

Em cada uma das comunidades, a elaboração dos projetos sociais de vivência cultural e dos projetos arquitetônicos dos Centros de Cultura Negra, a aquisição de materiais e a construção foram realizadas no prazo limite de 12 meses, entre 2005 e 2006, tendo somente sido possível o cumprimento dos prazos por meio da participação efetiva das comunidades.

Através da participação das comunidades em todo o processo, houve o levantamento dos Programas de Necessidades e a escolha dos terrenos. Esta escolha foi orientada pela posição do sol, pela direção dos ventos e pelas paisagens privilegiadas da região. O processo participativo também transcorreu durante a construção em si, cuja participação se deu em forma de mutirão entre os moradores das comunidades. A opção pela taipa de sopapo, já de amplo domínio pelas comunidades locais, ocorreu após explanações cuidadosas sobre as vantagens da técnica: valorização do conhecimento local, utilização de materiais locais, baixo custo (baixo consumo de cimento e ferro, menor custos com transportes), conforto térmico, aproveitamento da energia solar, menor combustão (pouca ou nenhuma utilização de tijolos cozidos), menor liberação de resíduos industriais, rapidez na execução, entre outras. Foram apresentadas às comunidades diversas obras de residências de alto padrão construtivo em taipa de sopapo para exemplificar e demonstrar que esta técnica construtiva é satisfatoriamente eficiente, desde que bem executada.

Ainda no escopo da proposta da Ong Tempo Livre, ocorreu paralelamente à construção, a formação do *Curso de Formação e Reciclagem de Mão-de-Obra para Taipa Renovada* com aulas expositivas e práticas durante 05 semanas, no qual os taapeiros e pedreiros locais receberam orientações para aperfeiçoamento da taipa de sopapo produzida na localidade.

A proposta da Ong Tempo Livre contemplou a aquisição de materiais locais para a construção em taipa, como barro e madeiras fornecidos pelos próprios moradores, o que propiciou distribuição de recursos previstos no Projeto São José entre os integrantes da comunidade.

As experiências deste trabalho são mais abrangentes do que a exposição das construções, porque valorizaram a cultura e história das comunidades quilombolas, o envolvimento comunitário e o alcance didático para melhorias da técnica da taipa.

OS PROJETOS ARQUITETÔNICOS

Os Programas de Necessidades dos 02 Centros de Cultura Negra foram definidos juntamente com as comunidades. As comunidades quilombolas necessitavam, basicamente, de uma construção adequada para a realização de cursos (bordados e renda, tecelagem de redes, música e dança), reuniões e festas comunitárias. Durante o processo participativo, decidiu-se incorporado também um espaço destinado à inclusão digital.

O partido adotado nos projetos arquitetônicos foi pensado especificamente para a técnica da taipa de sopapo (ver Figuras 01 e 02), mantendo algumas características construtivas e tipológicas da localidade. O projeto privilegiou áreas avarandadas com grandes telhados e amplos beirais, objetivando proteger a construção do sol e das chuvas. Nos Salões Multiuso de áreas amplas, o vão livre é de 8.00m e os pés-direitos são mais elevados, permitindo aberturas nas partes mais elevadas para favorecer a ventilação e maior área de iluminação natural.

Assim, as construções são compostas por Varanda, Salão Multiuso, Sala de Computação, Copa, Depósito, Banheiros Feminino e Masculino e uma Cozinha Avarandada com fogão à lenha. Cada uma das construções possui, aproximadamente, 200,00m² de área coberta.



Figura 01 - Estudo Preliminar do Centro de Cultura Negra da Comunidade do Minador



Figura 02 - Estudo Preliminar do Centro de Cultura Negra da Comunidade de Bom Sucesso

AS OBRAS

As construções dos Centros de Cultura Negra foram viabilizadas com recursos do Projeto São José (Governo do Estado do Ceará), havendo contrapartida da comunidade na disponibilização de mão-de-obra para a construção.

Com recursos limitados, em todo o processo de projeto e construção foram considerados os fatores de (baixo) custo, a disponibilidade de materiais locais e a oferta de voluntários da comunidade, bem como sua qualificação em construção civil para a execução de construções em taipa e de construções em alvenaria de adobes e tijolos cozidos.

A taipa de sopapo é uma técnica construtiva frequente na localidade, cujo processo construtivo é amplamente utilizado entre de moradores da comunidade, transmitido ao longo de gerações. Esta denominação local da taipa é também conhecida por taipa-de-mão, taipa de sebe ou taipa de pau-a-pique, cuja característica é constituir-se, basicamente, numa trama ortogonal de madeira roliça preenchida com terra, cujos bocados de barro são lançados pela mão, constituindo paredes de vedação mais delgadas. Este jeito de fazer a taipa distingue-se da taipa-de-pilão, bastante comum nas cidades coloniais, cuja construção utiliza os taipais que sustentam a terra umedecida durante seu apiloamento, o que caracteriza também paredes de larga espessura.

Apesar da abrangência da técnica da taipa de sopapo, a mais comum no interior do país e de maior domínio popular, alguns aperfeiçoamentos foram aplicados para garantir maior qualidade e durabilidade das construções. Deste modo, paralelamente à execução das construções, houve a oferta do *Curso de Formação e Reciclagem de Mão-de-Obra para Taipa Renovada*, no qual os taapeiros locais receberam orientações para aperfeiçoamento da taipa produzida na localidade, no qual foram combinados procedimentos da construção civil convencional em alvenaria com a técnica da taipa.

Dos conhecimentos acumulados nas comunidades ao longo de gerações, puderam ser exploradas a experiência e a habilidade do manuseio do barro e das madeiras. Nestas

experiências, conforme podem ser observados nas Figuras 03, 04, 05 e 06 foram incorporados procedimentos construtivos que objetivam aumentar a durabilidade da construção em taipa:

1. coleta de madeiras roliças adequadas e de bitola apropriada para a montagem do gradeamento;
2. tratamento das madeiras: aquecimento/secagem, retirada das cascas e aplicação de inseticida para prevenir o ataque de insetos;
3. proteção das fundações: impermeabilização da base de pilares e estroncas contra a umidade do solo e execução de blocos e cintamento/baldrame em concreto;
4. alvenarias: após as paredes adequadamente barreadas e secas, passagem de tubulações e conduítes, instalação de caixas de energia;
5. esquadrias (portas e janelas) projetadas considerando menores custos; execução das esquadrias no canteiro de obra, com bandeiras fixas com vidro liso e bandeiras móveis com tábuas de madeira lixada e pintura como acabamento;
6. finalização com aplicação de reboco de nivelamento com areia, barro e cimento (eventualmente cal), cobrindo as fissuras e impermeabilizando a superfície e posterior pintura de acabamento;
7. telhados em estrutura em madeira e cobertura com telhas cerâmicas projetadas e construídas com inclinações adequadas para permitirem rápido escoamento das águas pluviais, evitando-se infiltrações para as construções (telha vã); amplos beiras para proteção das alvenarias; ambas as construções com coleta e armazenamento de águas pluviais em reservatórios próprios para esta finalidade.



Figura 03 - Obra do Centro de Cultura Negra da Comunidade de Bom Sucesso



Figura 04 - Obra do Centro de Cultura Negra da Comunidade do Minador



Figura 05 - Obra Pronta do Centro de Cultura Negra da Comunidade do Minador



Figura 06 - Obra Pronta do Centro de Cultura Negra da Comunidade de Bom Sucesso

As práticas de campo das comunidades constituíram conhecimentos expeditos que foram amplamente aproveitados nas obras. Por outro lado, como a técnica da taipa de sopapo propicia flexibilidade e variedade de formas arquitetônicas, o projeto explorou formas diferenciadas, constituindo novas referências tipológicas para as construções da comunidade como a inclusão das varandas, pés-direitos altos (emendas de madeiras dos pilares proporcionando estruturas mais altas) e banheiros internos às construções.

As experiências construtivas em taipa de sopapo nestas comunidades rurais quilombolas no interior do Ceará proporcionaram uma rica e profícua troca de conhecimentos entre as comunidades locais e o corpo técnico da Ong Tempo Livre. Com as obras prontas, verificou-se que os conhecimentos produzidos pela comunidade e os aperfeiçoamentos inseridos nas construções em taipa enriqueceram a experiência dos projetos e construções com terra em comunidades quilombolas do Minador e Bom Sucesso e propiciou o entendimento à própria comunidade de que a técnica da taipa pode proporcionar muito bons resultados.

Currículo

Graduada em Arquitetura e Urbanismo pela UFES, Mestre e Doutora em Arquitetura e Urbanismo pela UFBA. Possui experiência profissional na área de Projetos de Arquitetura, Projetos Comunitários, Tecnologias Sociais e Assistência Técnica em Autoconstrução. Pesquisadora na temática de espacialidades e patrimônios culturais de comunidades negras urbanas e rurais. Atua como Arquiteta e Professora em curso de Arquitetura e Urbanismo - UNIME/Lauro de Freitas-BA.

Email: mariaestelaramos@gmail.com

ADOBE MACHO E FÊMEA: ELEMENTO DE UM SISTEMA CONSTRUTIVO REGIONAL - IGREJA MATRIZ DE NOSSA SENHORA DA CONCEIÇÃO CONCEIÇÃO DO MATO DENTRO – MG

MIRANDA, M^a Cristina Seabra de (1); LAGES, Silvana Núcia de Souza (2); ANDRIONI, Lídia Onara Gomes (3) ARAÚJO, Geraldo Eustáquio Mendes (4)

1. CONTEXTUALIZAÇÃO

A Igreja Matriz de Nossa Senhora da Conceição, localizada no município de Conceição do Mato Dentro, região central de Minas Gerais, surge em feição primitiva nos primórdios do século XVIII, por iniciativa de Gabriel Ponce de Leon, que, em 1703, mandou vir do interior paulista a imagem da padroeira. Também para a construção da edificação definitiva que, conforme registros documentais, se encontrava em andamento em 1715, suas doações foram decisivas.

Em 1722, a capela-mor estava concluída, seguida do consistório e da sacristia. As demais obras se estenderam paulatinamente ao longo do séc. XVIII. Em 1754, recursos para concluir o corpo da igreja, as torres, a pintura do coro, entre outros, foram solicitados ao Rei Dom João I, que os concedeu em 1772, possibilitando o prosseguimento das obras que viriam a ser concluídas em 1802.

A partir de meados do séc. XIX, a igreja foi submetida a reformas e reparos gerais financiados pela Província de Minas e pela Câmara Municipal. Em 1948, foi consagrada como monumento nacional por meio do seu tombamento pelo órgão de preservação federal, e, a partir de então, recebeu recursos do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional - IPHAN em prol da sua preservação.

Em 2007, devido ao seu precário estado de conservação, foi interditada para o uso original como medida acauteladora e, somente a partir de 2012, passou a receber recursos da iniciativa privada para obras que englobam a restauração de elementos artísticos e a restauração arquitetônica da Matriz.



Figura 1. Igreja Matriz de Nossa Senhora da Conceição.

2. A RESTAURAÇÃO ARQUITETÔNICA

A edificação filia-se ao partido tradicional das matrizes mineiras da primeira metade do século XVIII – planta composta de nave, capela-mor e sacristias laterais contíguas às alvenarias da capela-mor. Já as torres destacadas lateralmente em relação ao corpo da nave resultam em solução regional peculiar, assim como seu sistema construtivo composto por estrutura em madeira, alvenarias de pedras encimadas por alvenaria de adobe, ou somente vedações em alvenaria de adobe.

O sistema construtivo da Matriz é composto por estrutura autônoma de madeira, popularmente chamada de “gaiola”, que consiste na armação de quadros constituídos pelos esteios, ora fincados no chão, ora sobre alicerces de pedra, os baldrames, sobre os quais se apoiam alvenarias e barrote do assoalho, em alguns locais pelas madres, que exercem a função de aliviar as cargas sobre os baldrames, e superiormente pelos frechais, que recebem a estrutura do telhado e sobre os quais se apoiam os forros. Possui ainda, no travamento de quadros nas torres, peças diagonais conhecidas por cruz de Santo André, que têm por objetivo estabilizar os panos de alvenaria de maior extensão, bem como transmitir as cargas destas diretamente aos esteios, aliviando os baldrames.

As alvenarias são compostas de pedras e de adobes. As de pedra estão presentes na sacristia e no consistório, na nave, no vão central da fachada posterior, no vão central da fachada principal e nas torres, e se estendem a 0.95m, 1.70m, 2m e 4.45m, respectivamente, a partir do embasamento, para depois receberem as alvenarias de adobe, que se acomodam sobre as pedras.

Com a função específica de fechamentos dos vãos, as alvenarias de adobe fazem a vedação da estrutura de madeira apoiando-se sobre baldrames e madres. No encontro com os esteios, estas alvenarias se solidarizam por meio de rasgos verticais nos adobes, que se encaixam em peças de madeira fixadas na estrutura.

A intervenção ora em curso irá abranger todo o monumento: estruturas, alvenarias, pisos, forros, vãos, cobertura, escadas e pintura.

Os serviços de restauração da Matriz têm como diretriz a mínima intervenção e visam garantir o uso das técnicas tradicionais. No tocante especificamente às alvenarias de adobe, as orientações apontam para a manutenção da originalidade dos materiais seguindo as recomendações internacionais. Para isso, estão previstas a remoção de argamassas cimentícias e concretícias inseridas junto às extremidades dos panos de alvenaria, bem como de outros materiais espúrios; a inserção de argamassa de assentamento histórica; e o preenchimento de lacunas com a produção de novos adobes conforme a tipologia encontrada.

2.1 As alvenarias: capela-mor e frontão

Na Matriz de Conceição do Mato Dentro, a alvenaria que conforma a capela-mor é revestida por tabuado de madeira policromada (pinturas parietais) disposta em meia esquadria. A partir da restauração destes elementos artísticos e da retirada de algumas peças para consolidação, foi possível visualizar mais detalhadamente as características de sua vedação.

O pano de alvenaria encontrado neste espaço é composto por adobes intercalados com sobreposição de 1/3 da peça em relação ao adobe disposto em camada inferior, colocados à maneira dos muros de pedra seca, dispensando argamassa de assentamento. Esta, por sua vez, é utilizada somente no arremate externo da alvenaria onde são encontrados, além da argamassa, materiais pozolânicos e cacos de pedra entre os adobes, ora calçando os espaços vazios, ora associados à argamassa.



Figura 2. Alvenaria de adobe.

Os adobes periféricos que compõem o quadro possuem o rasgo tradicional presente nas alvenarias de adobe, se encaixando na peça de madeira denominada "vara", associada aos esteios. Em intervenções anteriores, foram introduzidos, nas lacunas e perdas, argamassas cimentícias e outros materiais como tijolos cerâmicos.



(a)



(b)



(c)

Figura 3. Rasgo no adobe associado à vara (a) Elementos espúrios nas alvenarias (b e c).

Ao visualizar as peças de adobes que compõem esta alvenaria, nos deparamos com uma tipologia diferenciada: elas possuem um sistema de encaixe. Esse modelo também foi encontrado na vedação do frontão, neste caso, com dimensões menores.

Na Matriz, o frontão se encontra centralizado e ladeado pelas torres. Sua estrutura em madeira é preenchida pela alvenaria de adobe, que permaneceu internamente sem argamassa de revestimento e externamente recebeu reboco, elementos decorativos em madeira e pintura.

A alvenaria que conforma este espaço possui a mesma estrutura e composição da alvenaria da capela-mor conforme citado acima, no entanto, diferencia-se pela dimensão dos adobes.

3. O ADOBE MACHO E FÊMEA

É sabido que os adobes podem variar no que se refere às suas dimensões, de acordo com o local e a finalidade para o qual foram produzidos. Os adobes encontrados nas alvenarias aqui citadas apresentam desenhos em formato retangular, trazendo nas menores faces o sistema de encaixe "macho e fêmea". A geometria de uma das faces tem ao centro o alto

relevo com saliência convexa e, na face oposta, o correspondente baixo relevo côncavo. Esse sistema permite a melhor junção das peças.



Figura 4. Detalhe do encaixe “macho e fêmea”(a) Conjunto de adobes encaixados (b).

Ao retirar algumas peças para avaliação minuciosa, encontramos, num dos exemplares, vestígios do manuseio, o que demonstra que a superfície original deste adobe se manteve inalterada.



Figura 5. Detalhes de vestígios do manuseio.

Na foto abaixo, é possível visualizar uma sequência de adobes de uma mesma fiada. Pode-se notar que não há argamassa entre os encaixes. Como se trata de uma técnica construtiva artesanal, as peças apresentam irregularidades; assim, ao construir a alvenaria, as frestas entre adobes foram preenchidas com argamassas utilizadas somente como arremate e calçadas com fragmentos cerâmicos e pétreos, provavelmente para garantir a estabilidade destes e, por conseguinte, do pano de alvenaria.



(a)



(b)

(c)

Figura 6. Fiada da alvenaria de adobe (a)
 Detalhe dos adobes: não existe argamassa nos encaixes (b e c).

A tipologia aqui apresentada é bastante peculiar, rara no tocante às alvenarias de adobe. Provavelmente tenha sido um modelo utilizado regionalmente. Encontramos vestígios dessa tipologia na alvenaria posterior ao altar colateral (lado da epístola) da igreja de Nossa Senhora do Rosário, construída a partir de 1728 na mesma cidade. Em pesquisa preliminar sobre o assunto, levantamos dois casos relatados pelo arquiteto do Instituto Estadual do Patrimônio Histórico e Artístico de Minas Gerais – IEPHA/MG, Miguel Angel Fermán. O primeiro, encontrado na Fazenda Sesmarias, localizada no município de Alvorada de Minas, próximo a Conceição do Mato Dentro, e o segundo, em um sobrado construído em 1812 na cidade de Montes Claros, localizada no norte do Estado.

3.1 Detalhamento

No que se refere ao dimensionamento dos adobes encontrados, os das alvenarias da capela-mor possuem 38x31,5x19 centímetros e os do frontão possuem 36x28x17 centímetros; já o peso da peça gira em torno de 31Kg.

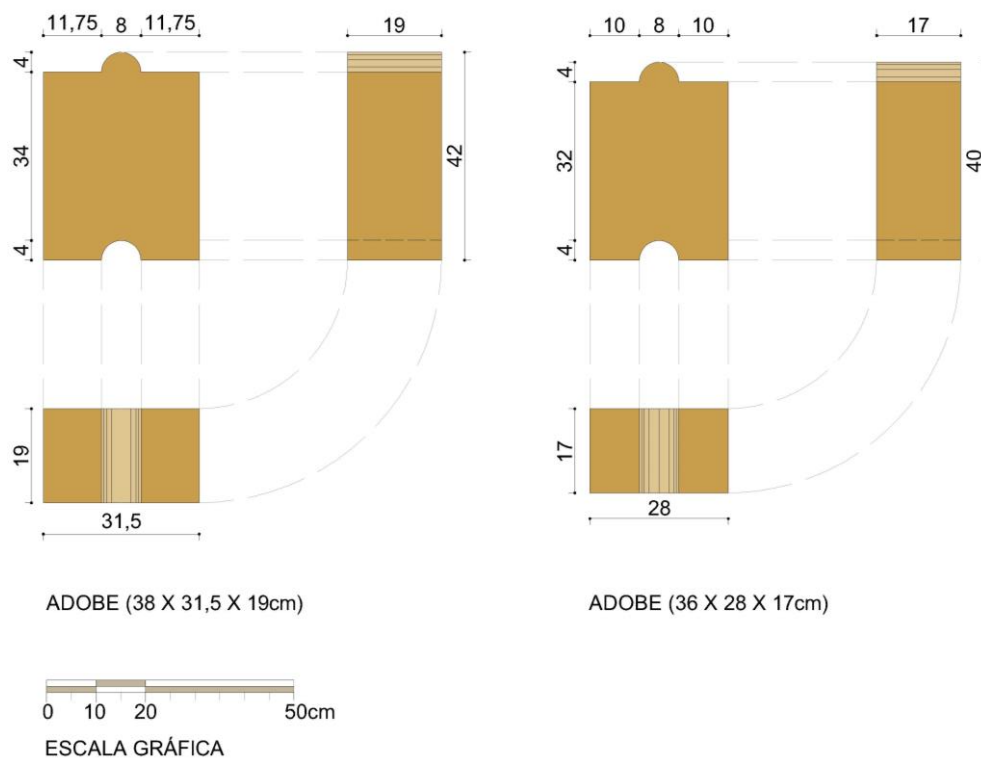


Figura 07. Desenhos com vistas ortográficas dos adobes

Testes laboratoriais para identificação do traço e dos materiais presentes tanto nos adobes quanto nas argamassas de assentamento e de revestimento serão ainda realizados. A observação imediata no tocante aos adobes mostra que foram feitos com solo argiloso e fibras vegetais.

Pela observação da superfície da face onde se encontra a “fêmea” e a superfície do contorno e junção da saliência (“macho”), é possível visualizar as marcas deixadas pelo desenformamento das peças de adobe, o que nos leva a supor que as formas eram confeccionadas com o formato “macho e fêmea”.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante os trabalhos de restauração da Matriz de Nossa Senhora da Conceição, foi encontrada, na capela-mor e no frontão, uma tipologia singular de adobe, neste trabalho chamado de “adobe macho e fêmea”. Tendo em vista o lapso de tempo entre o início da construção da Matriz e a conclusão da obra, pudemos verificar que a mesma tipologia utilizada em torno da década de 20 do séc XVIII, período em que se concluiu a capela-mor, foi transposta para o período em torno do último quartel daquele século, onde os relatos históricos dão conta do momento em que a parte frontal da edificação foi construída.

É provável que o tipo de adobe ora encontrado esteja presente em todas as alvenarias similares que compõem esta edificação. Até o presente momento, só foi possível identificá-lo nas alvenarias aqui citadas. Tendo em vista, ainda, que esta tipologia foi encontrada em uma fazenda localizada nesta mesma região e num sobrado no norte de Minas, é possível supor que se trata de uma tecnologia não restrita às edificações religiosas.

REFERÊNCIAS

ÁVILA, Afonso; GONTIJO, João Marcos Machado e MACHADO, Reinaldo Guedes. *Barroco Mineiro: Glossário de Arquitetura e Ornamentação*. Fundação João Pinheiro/Fundação Roberto Marinho/Companhia Editora Nacional. São Paulo: Cia Melhoramentos, 1980.

Revista Barroco 16. Minas – Monumentos Históricos e Artísticos – Circuito do Diamante. Belo Horizonte, Centro de Estudos Históricos e Culturais da Fundação João Pinheiro, 1995.

VASCONCELLOS, Sylvio de. *Arquitetura no Brasil: Sistemas Construtivos*. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 1979.

CURRÍCULOS DOS AUTORES

(1) Arquiteta e Urbanista – Faculdades Metodistas Izabela Hendrix (1992), Especialista em Gestão do Patrimônio Cultural – Instituto de Educação Continuada da PUC/MG (2002). Atuou no IPHAN de 1993 a 2012 na direção dos escritórios técnicos de Serro, Mariana e Tiradentes, em Minas Gerais. Atualmente presta consultoria na obra de restauração da Igreja Matriz – Conceição do Mato Dentro/MG. cristinaseabram@yahoo.com.br

(2) Arquiteta e Urbanista - Universidade de Alfenas/MG (1998), Especialista em Gestão Estratégica de Marketing - Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (2005); e em Revitalização Urbana e Arquitetônica - Universidade Federal de Minas Gerais (2010). Atualmente é responsável técnica pela execução da restauração arquitetônica da Igreja Matriz - Conceição do Mato Dentro/MG. reliquiass@yahoo.com.br

(3) Artista Plástica - Universidade do Estado de Minas Gerais (2010); Arquiteta e Urbanista - Universidade Federal de Minas Gerais (2012); Especialista em Gestão e Prática de Obras de Conservação e Restauo do Patrimônio Cultural pelo CECI (2014). Atualmente acompanha a restauração arquitetônica da Igreja Matriz - Conceição do Mato Dentro/MG. onaraandrioni@hotmail.com

(4) Técnico em Conservação e Restauração de Bens Culturais – FAOP; Marceneiro, Restaurador e Designer pela Fundação Aleijadinho – Ouro Preto/MG; Curso de extensão em Carpintaria de Telhado – Escritório Piloto - Engenharia Civil – UFOP/MG. Atualmente trabalha na restauração de elementos artísticos da Igreja Matriz – Conceição do Mato Dentro/MG pela empresa Cantaria Conservação e Restauo. geraldo-vulgo23@hotmail.com

PROJETO CASA RESPONSÁVEL

Michel Habib Ghattas

1. O PROJETO

O projeto da casa responsável foi idealizado e está sendo executado com base nas premissas da bioarquitetura, utilizando conceitos e sistemas construtivos ecologicamente corretos, culturalmente ricos e com atitudes socialmente justas.

O cliente é um casal jovem com uma criança de 11 anos e planos para mais um filho, junto com seus animais de estimação (dois gatos, dois cachorros e uma tartaruga). O programa de necessidades proposto contempla uma residência térrea, com 2 suítes, 1 banheiro para atender a 2 quartos, 1 lavabo, sala de estar, sala de jantar, home theater, área de serviço, despensa, cozinha integrada, varanda gourmet, mezanino, Home Office e garagem para 2 carros.

O casal deu total liberdade ao profissional para a implantação de sistemas construtivos não convencionais. O partido arquitetônico propõe combinar o estilo caipira das fazendas da região com novas técnicas e tecnologias disponíveis atualmente. Como é cultural na região, as residências eram construídas em sua maioria de taipa de pilão, taipa de mão e ou adobes, coberta com telhado de madeira coberto com telhas cerâmicas. Somado a esses elementos, foram contemplados novos elementos que utilizam tecnologias atuais como sistemas de energia fotovoltaica, sistemas de tratamento das águas servidas, captação e reuso de águas pluviais, caixilhos de PVC e madeiras com certificação.

2. O TERRENO

O terreno de 512,00m² (16,00m x 32,00m), localizado em um loteamento urbano rico em áreas verdes, no município de Atibaia, foi mapeado em sua topografia, insolação e riquezas naturais. Foi identificada uma moita de bambu (*Dendrocalamus giganteus*), como riqueza natural à ser utilizada no sistema construtivo da casa e como elemento paisagístico.

Na implantação da residência, aproveitou-se o desnível transversal de dois metros do terreno para incluir o pavimento inferior que abriga um depósito e o reservatório de captação e reuso das águas pluviais e águas cinzas. No pavimento térreo foram distribuídos todos os cômodos, restando apenas no pavimento superior um mezanino com acesso à laje jardim (figura1).



Figura 1 – Planta do pavimento térreo

3. SISTEMAS CONSTRUTIVOS

O sistema construtivo que melhor atenderia esse projeto seria aquele que aproveitasse os recursos naturais locais ou aqueles de menor impacto ambiental, portanto, foram estipuladas técnicas de construção com terra para as alvenarias, laje pré moldada de cimento produzida in loco para a execução de jardins suspensos, estruturas e telhados de madeira, sistemas integrados de saneamento, entre outros sistemas para a conservação ou geração de recursos como a implantação do sistema fotovoltaico e sistemas cíclicos que reduzam o consumo de recursos, como exemplo os sistema aplicados para as águas servidas, pluviais e produtivo com o jardim funcional comestível para subsistência (figura 2).

Sempre que um projeto de bioarquitetura é discutido, certos questionamentos sempre vêm à tona: economia de recursos financeiros, extenso tempo de execução e durabilidade da construção. Para responder a essas questões, estão sendo traçados durante o período de construção, perfis comparativos entre os sistemas utilizados e os sistemas tradicionais a serem concluídos ao final da construção.



- | | |
|---|--|
| 01 - Brise metálico para apoio das placas fotovoltaicas | 07 - Muro de arrimo de pneus reutilizados |
| 02 - Reservatórios de consumo (2.500L) e reuso (1.000L) | 08 - Canteiro Bioséptico para tratamento das águas negras |
| 03 - Estrutura de eucalipto autoclavado para apoio do telhado | 09 - Filtro rizosférico para tratamento das águas cinzas |
| 04 - Alvenarias em terra crua, com reboco e pintura mineral | 10 - Tetos verdes apoiados em laje de argamassa armada de cimento, pré fabricada no local com baixo consumo de material, alto índice de resistência e grande valor estético em função de sua forma |
| 05 - Caixilhos de PVC com certificado "Green Line" | 11 - Moita de bambu existente |
| 06 - Acesso ao reservatório de águas pluviais | |

Figura 2 - Sistemas ecológicos e materiais adotados

3.1. Fundação

Para segurança e qualidade da construção, após análise de sondagem a fundação determinada foi bloco sobre estaca escavada e viga baldrame. As estacas foram escavadas mecanicamente com profundidades de 5,00 a 7,00 metros e diâmetro de 25 cm, os blocos de distribuição de carga foram dimensionados 50x50x50cm e os baldrames foram com 35x40cm para suportar a carga das alvenarias de taipa de pilão e 20x40cm para as alvenarias executadas em adobe e técnica mista. O dimensionamento estrutural foi feito por engenheiro capacitado.

O baldrame e o embasamento foram executados acima do nível do solo e impermeabilizados com hidroasfalto a base d'água. O enchimento de base foi feito com material proveniente dos aterros de resíduos sólidos do município. O subproduto gerado é separado em agregados cimentícios de maior granulometria que são utilizados em correção de ruas não pavimentadas e agregados cerâmicos de menor granulometria como cacos de azulejo, telhas e tijolos maciços cerâmicos que desagregados adquirem plasticidade quando entram em contato com água, tornando-se inapropriada para o uso em correção de pavimentações e sem uso para a prefeitura, mas de grande valia para o isolamento de base

da construção, pois após compactado e curado se mostrou um material coeso e de baixa absorção capilar, fato esse observado nas poças de água estaqueadas após as chuvas. Para esse serviço foram utilizados 90,00m³ desse material.

3.2. Alvenarias

Com o intuito de resgatar a cultura local e suas técnicas construtivas, os trabalhadores foram capacitados, aprendendo a caracterizar e estabilizar o solo disponível para a execução das misturas a serem utilizadas na taipa de pilão, adobes e tapa de mão. Por cima de todas as alvenarias, foi executada uma cinta de amarração de concreto armado de 15 cm para melhorar a distribuição das cargas das coberturas nas alvenarias.

3.2.1. Taipa de pilão

O taipal foi executado todo em madeira, utilizando chapas de madeirite plastificado de 16 mm com travamento executado com madeiras reaproveitadas das caixarias dos baldrames e outras recuperadas em caçambas.

Após calcular o volume necessário, a terra recebida foi submetida a ensaios empíricos de caracterização para definir um traço padrão à ser utilizado. O solo apresentou uma característica argilo-arenosa, porém com proporções equilibradas de 60% argila e 40% areia. Para a estabilização desse solo, foi adicionado areia, cimento e cal em proporções variadas para trabalhar principalmente a coloração da terra. Como ponto de partida, estabilizou-se fisicamente a terra com adição de areia, atingindo uma proporção de 65% areia e 35% argila, essa mistura foi homogeneizada e estocada para ser utilizada até o final do processo de execução da alvenaria. Os aglomerantes minerais, cal e cimento, foram adicionados em proporção de 10% ao traço inicialmente adotado, com o intuito de ser misturados no momento da hidratação e antes da compactação do traço final (figura 3).



Figura 3 - Taipal de madeira e estabilização do solo.

Seguindo esse mesmo procedimento, foram executadas três alvenarias, que formam a espinha estrutural para apoio do telhado central e laje, somando 16,00m de taipa de pilão com 2,70m de altura.

Seguindo esse mesmo procedimento, foram executadas três alvenarias, que formam a espinha estrutural para apoio do telhado central e laje, somando 16,00m de taipa de pilão com 2,70m de altura.

3.2.2. Adobe

O solo utilizado na confecção dos adobes foi estabilizado com areia e esterco de cavalo, atingindo uma proporção granulométrica de 70% areia e 30% argila, somando 1/4 do seu volume em esterco. Essa mistura foi hidratada e descansou por cinco dias para melhor homogeneização de seus componentes.

Os adobes foram utilizados em alvenarias de fechamento e foram executados em dois formatos, trapezoidais 10x20x20x14cm (base menor, base maior, altura e espessura) e prismáticos 28x14x11 (comprimento x largura x altura). Para essas alvenarias, foram feitos 300 adobes trapezoidais e 500 prismáticos (figura 4).



Figura 4 - Alvenarias de adobe e taipa de pilão

As alvenarias estão localizadas em pontos estratégicos da casa, servindo como empena decorativa para a sala de estar, sendo executada com acabamento de adobe aparente sem reboco.

3.2.3. Taipa de mão

O processo construtivo da técnica mista foi adotado principalmente pela abundância e disponibilidade do material local para executar do entramado. As estruturas dos pórticos foram executadas com a madeira peroba do norte (*Goupia glabra*) proveniente de reflorestamento em bitolas de 5x11cm verticalmente nas esquinas e caibros de pinus (*Pinus elliotti*) na bitola 6x6cm verticalmente a cada 1,00m. Com o manejo da moita de bambu (*Dendrocalamus giganteus*), as 85 varas foram cortadas, estocadas e utilizadas depois de seca em todo o ripamento de suporte para a aplicação do barro.

Para o barreado dos 240,00m² dessa técnica, foram calculados que seriam necessários 20,00m³ de solo já processado, equivalendo a 45,00m² de material bruto processados mecanicamente em uma pipa de olaria, entregue na obra no ponto de aplicação. Essa mescla foi mantida hidratada por dois meses até ser consumida totalmente (figura 5).



Fig. 05 - Solo processado mecanicamente.

Para o barreado dos 240,00m² dessa técnica, foram calculados que seriam necessários 20,00m³ de solo já processado, equivalendo a 45,00m² de material bruto processados mecanicamente em uma pipa de olaria, entregue na obra no ponto de aplicação. Essa mescla foi mantida hidratada por dois meses até ser consumida totalmente (figura 5).



No momento do preparo desse barro, o solo foi caracterizado argilo-arenoso, portanto foi estabilizado, na proporção 3:5:2 (areia:terra:estercos), visando uma mistura areno-argilosa. Nesse momento, foi ensaiado o mesmo traço sem o uso do estercos, mas foi adotado seu uso em função da visível melhora na plasticidade da mistura.

No preenchimento do entramado, o barro foi misturado com palha seca, que trouxe grande melhora no processo de retração do mesmo, uma vez que a superfície quase não apresentou rachaduras após sua secagem. Para acertar o prumo e regularizar a superfície da parede, foi aplicada uma capa de solo arenoso sarrafeado. As fissuras provenientes da secagem e retração foram fechadas e regularizadas com uma capa de reboco de 3:1 (areia e cal), não necessitando pintura (figura 5).

Figura 5 - Processos de execução da taipa de mão.

3.3. Coberturas

A residência dispõe de dois sistemas de cobertura, lajes pré-moldadas de argamassa armada de cimento e areia e telhados com telhas cerâmicas sobre estrutura de madeira. Ambas estão apoiadas sobre uma viga de concreto armado com quinze centímetros de altura para melhor distribuição das cargas nas alvenarias de terra.

3.3.1. Laje jardim

O sistema construtivo adotado para as lajes foram painéis pré-moldados de argamassa armada de cimento e areia. Esses painéis foram produzidos na obra e foram adotados pelo seu baixo consumo de material (cimento e ferro). Essa laje foi dimensionada para suportar a carga de uma lamina de 15 cm de terra para o plantio de espécies rasteiras.

Após o apoio dos painéis, foi feito um recheio de argila expandida para dar o caimento necessário para a drenagem do teto jardim e posteriormente aplicada uma camada de concreto de 4 cm armada com tela eletrossoldada Q61 da Gerdau.

3.3.2. Telhado sobre estrutura de madeira

O telhado foi todo executado sobre estrutura de eucalipto (*Corymbia citriodora*) tratado autoclavado. Sua execução conta com todos os itens necessários para uma boa execução e conforto térmico como forro e manta de subcobertura. O forro foi executado com chapas de OSB (Oriented Strand Board) aparente por cima dos caibros, essa decisão se deu por estética e por demonstrar a melhor opção custo benefício (fig. 06). As telhas cerâmicas utilizadas são provenientes da demolição de uma residência dos anos 80.



Fig. 06 - Vista da estrutura de madeira e alvenarias em terra

4. TECNICAS ECOLÓGICAS

Em paralelo aos sistemas construtivos adotados, foram aplicadas outras técnicas, alinhadas ao pensamento ecológico, visando sistemas de baixo impacto ambiental como a reutilização de resíduos sólidos como o exemplo dos muros de arrimo executado com 700 pneus resgatados no município, preenchidos com terra e compactados, sistemas de saneamento com o tratamento rizosférico das águas servidas, captação, armazenamento e reutilização das águas pluviais, sistemas passivos insolação e ventilação para controle e conforto térmico, sistema de aquecimento solar da água e de geração de energia fotovoltaica, além de práticas agroecológicas com jardins comestíveis.

Finalizando, em sintonia com o tripé da bioarquitetura, em todos os sistemas relacionados, sempre foram levadas em consideração questões sociais de resgate da cultura local, capacitação da mão de obra desqualificada e valorização do ofício.

8. CONCLUSÃO

Em resumo, essa residência está sendo de grande valia para todos os envolvidos, atuando como um diminuidor de impacto com a absorção de resíduos sólidos do município, canteiro experimental de técnicas pouco utilizadas na construção civil atual, centro de capacitação de mão de obra em técnicas construtivas vernaculares e de baixo impacto ambiental, ponto de referência para novos empreendimentos que buscam a bioarquitetura como nicho de mercado e por fim, uma moradia saudável para seus usuários que viverão em harmonia e de forma responsável e integrados à natureza.

9. CURRÍCULO DO AUTOR

Michel Habib Ghattas, arquiteto graduado pela FAAP e Bioarquiteto pelo Instituto TIBÁ, atua profissionalmente na área da bioarquitetura e ecologia como transferidor do conhecimento teórico e prático em cursos, workshops e palestras para estudantes e profissionais, difundindo técnicas e sistemas de baixo impacto ambiental. Atualmente desenvolve projetos e atividades em parceria com universidades, institutos e empresas.

BIOENGENHARIA DE SOLOS UTILIZANDO TIJOLOS DE ADOBE VEGETADOS VISANDO A ESTABILIZAÇÃO DE PEQUENOS TALUDES

Nicole Gianfaldoni Riva* e Prof. Dr. Admilson Irio Ribeiro**

1. PANORAMA GERAL

A movimentação de massa é o deslocamento de quantidade definida de matéria sólida ao longo de uma vertente sob a ação direta da gravidade e é em princípio consequência da própria dinâmica da evolução das encostas, que atingem lentamente espessuras que se tornam críticas para a estabilidade dos taludes.

Portanto é importante o estudo de técnicas para minimizar ou evitar os danos provocados pelo deslocamento de massa. Dentre as ações preventivas, têm-se as medidas estruturais e não estruturais. As medidas estruturais envolvem obras de engenharia como contenção de taludes, implantação de sistemas de drenagem e reurbanização de áreas. As medidas não estruturais estão relacionadas com políticas públicas de planejamento do uso do solo e educação ambiental.

Atualmente, a engenharia tradicional dispõe de vários métodos capazes de conter esses movimentos de massas. Dentre eles destacam-se o uso de gabiões (caixa ou colchão), manta de geocélulas, elementos articulados, enrocamentos, painel de concreto armado, cortinas atirantadas, diques e espigões. Estas estruturas, na maioria das vezes, apresentam custo elevado além de não se integrarem à paisagem. Sendo assim, a bioengenharia de solo, que consiste nas propriedades estruturais e mecânicas das raízes e caules para a contenção e proteção do solo, se apresenta como uma opção a engenharia tradicional.

O adobe tem grande potencial como técnica de bioengenharia de solos, pois pode ser moldado de maneira a receber vegetação. O adobe é uma opção de baixo custo para edificações e pode ser considerado uma tecnologia social, já que possibilita a integração do profissional com a comunidade em projetos de autoconstrução e parcerias.

Os tijolos devem ter um bom desempenho físico e mecânico como: estabilidade dimensional, resistência à compressão e à tração, plasticidade, resistência à abrasão e impacto, resistência à absorção de água, ao gelo e ao fogo. Para melhorar as propriedades deste tipo de material deve-se fazer um estudo granulométrico e do argilo-mineral componente do solo utilizado e se necessário adicionar um estabilizante, como areia, cal e palha, para se evitar trincas no adobe.

Considerando estes fatores, foi desenvolvido um método de contenção de pequenos taludes na cidade de Sorocaba – SP, utilizando bioengenharia de solos e tijolos de adobe vegetados, com o objetivo de estruturar o solo adotando-se o conceito de sustentabilidade, isto é, equilibrando as condições ambientais, sociais e econômicas que envolveram este projeto.

2. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

O conhecimento da resistência à compressão torna-se relevante para avaliar as características do adobe, pois especifica qual o nível de deformação do material e, conseqüentemente, sua eficiência no contexto de contenção de talude. Devido a este fator foi realizado o ensaio de compressão simples com o uso da prensa Forney f-502, em que o tijolo é testado pela aplicação de uma carga uniaxial que irá determinar a força máxima aplicada até o rompimento. Os resultados para a resistência e a força máximas foram respectivamente, 0,62 MPa e 24,59 kN. Os valores encontrados indicam que apesar do adobe ter uma resistência muito inferior ao concreto, pode ser utilizado para a finalidade proposta.

Desenvolveu-se ainda um modelo 3D do tijolo (Figura 1) através do software Nx da Siemens®. Esta ferramenta apresentou-se de fundamental importância, visto que colaborou com a definição do design do tijolo e possibilitou realizar a análise virtual de compressão do adobe. A modelagem computacional revelou que o tijolo suporta pressões entre 0,346 MPa e 0,776 MPa (Figura 2), dependendo da área afetada do tijolo.

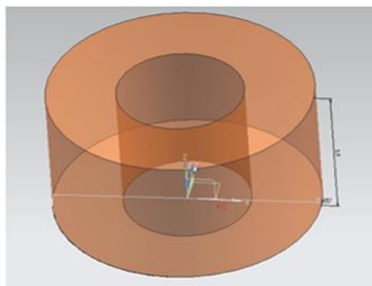


Figura 1 – Modelo 3D do tijolo de adobe.

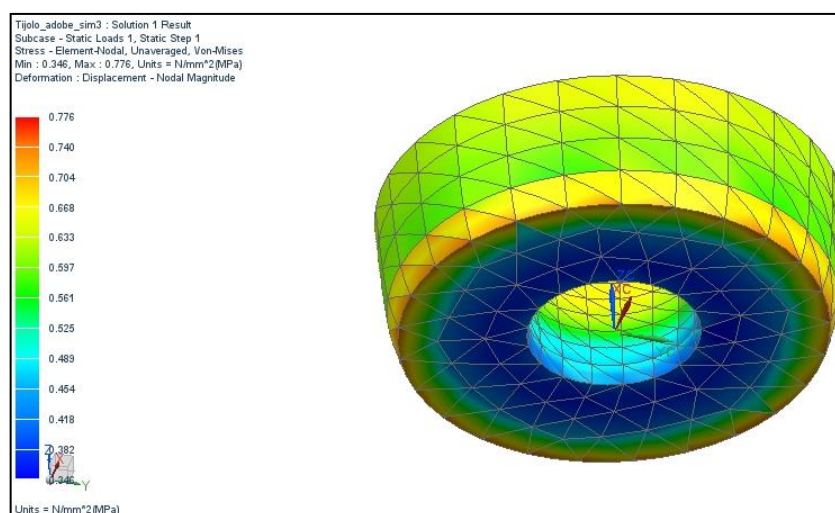


Figura 2 – Resistência à compressão do tijolo.

A granulometria do solo foi encontrada pelo método da pipeta (IAC) através da análise de duas amostras de Argissolo (75% do solo de Sorocaba) e os valores encontrados estão na Tabela 1. Para a produção do tijolo de adobe, foi necessário misturar solo, água e alguns aditivos com cal, palha (grama esmeralda seca) e areia e a pasta obtida foi adicionada à forma (Figura 3) e, esperou-se pela secagem do tijolo de adobe por aproximadamente quatro horas, em dias ensolarados e, em dias chuvosos ou nublados, por um dia, para então desenformar o tijolo. A quantidade dos aditivos foram estipulados por testes e os valores adotados encontram-se na Tabela 2. Ao final, o tijolo de adobe foi colocado em ambiente protegido e em contato com a luz solar por, no mínimo, quatro semanas. Os tijolos possuem em média 12 cm de altura, 10 cm de diâmetro interno, 25 cm de diâmetro externo e 7 Kg de massa.

Tabela 1 – Granulometria encontrada de duas amostras de solo

Tipo de solo	Areia	Silte	Argila
Solo A (% de massa)	60,8	7,1	32,1
Solo B (% de massa)	65,5	3,3	31,2



Figura 3 – Molde para construção do tijolo.

Tabela 2- Quantidade dos aditivos inseridos no adobe.

Cal (g)	Areia (g)	Solo (Kg)	Palha (g)	Água (L)
650	650	6,5	25	1,5

O terreno encontrava-se em estágio de degradação e para iniciar a construção do muro de contenção foi preciso retirar a vegetação rasteira presente e cortar o solo em degraus de aproximadamente 10 cm de altura e 25 cm de largura. Não foi necessário adicionar nenhum material com propriedades ligantes para fixar o adobe e ele foi simplesmente sendo encaixado, com a ajuda de uma régua de nível e prumo, no terracamento feito no talude.

A gramínea escolhida a ser colocada no tijolo é do gênero *Brachiaria Decumbens*, pois possui rápido crescimento e facilidade de se desenvolver em diversos ecossistemas. Além da braquiária, foram também plantadas sementes de *Neonotonia wightii* (soja perene) e assim foi possível estudar o comportamentos das duas espécies consorciadas. A vegetação tem grande importância neste trabalho, visto que seu crescimento está relacionado com a estrutura da contenção de talude. Conforme o vegetal se desenvolve e as suas raízes penetram no solo, os tijolos se fixam no talude. A vegetação também propicia maior infiltração da água no solo e conseqüentemente menor escoamento superficial e protege os tijolos de intempéries.

Foi adicionado solo no interior do tijolo e introduziu-se aproximadamente 10 sementes de cada espécie, sendo que em uma metade dos tijolos se plantou *B. decumbens* e em outra *N. wightii* e observou-se o desenvolvimento das duas vegetações por 4 meses (Figura 4 e 5).



Figura 4 - Muro de contenção em Dezembro de 2013.



Figura 5 - Muro de contenção em Março de 2014.

Os tijolos com *B. decumbens* tiveram um índice de eficiência de germinação de 96,67%, enquanto os com *N. wightii* tiveram 34,48%. Esses valores revelam que a braquiária possui um crescimento mais rápido se comparada com a soja perene e essa discrepância pode estar associada com problemas de drenagem da estrutura para o desenvolvimento vegetal.

O presente trabalho teve por objetivo principal fazer a contenção de pequenos taludes utilizando tijolos de adobe vegetados e pretende-se monitorá-lo até ocorrer uma incorporação significativa do tijolo no solo. Assim, conclui-se que a adaptação em bioengenharia atingiu o propósito, pois os tijolos de adobe construídos tiveram relativa resistência e puderam ser utilizados neste contexto, a vegetação se desenvolveu como o esperado e proporcionou a cobertura vegetal da área e os tijolos tiveram início de incorporação ao solo. Além disso, a comparação do modelo computacional com o tijolo de adobe construído manualmente revelou que os resultados obtidos estão coerentes.

Currículo dos Autores

* Graduada em Engenharia Ambiental pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho Campus de Sorocaba (2014).

** Graduado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Lavras (1994). Doutorado e mestrado em Engenharia Agrícola pela Universidade Estadual de Campinas (2005). Atualmente é Professor Assistente Doutor da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho Campus de Sorocaba, onde atua como pesquisador em sistemas agroambientais com ênfase em utilização de resíduos na agricultura, recuperação de áreas degradadas e avaliação de impactos ambientais.

BANCO DE TAIPA DE PILÃO COMO PEÇA DE DESIGN

**Rafael Torres Maia, Cavalcante, Álvaro José da Rocha Cavalcante
e André Tavares Lopes**

rafamaia@yahoo.com

1. INTRODUÇÃO

A taipa de pilão é uma técnica construtiva antiga destinada para paredes e fundações, e que consiste basicamente em compactação de terra dentro de uma forma. Ou seja, porções de terra acrescida de uma pequena fração de cimento e água lançadas dentro de uma forma e compactadas por camadas. Nesse projeto, a técnica foi utilizada para construir um banco, mostrando uma possibilidade simplificada de transformação de um material comum em um elemento de porte e aparência imponentes, dentro de um contexto de arquitetura contemporânea. Como objetivo de inovação na região, os arquitetos buscaram, também, apresentar outras formas de usar a terra como material construtivo além da taipa de mão tão conhecida em todo o Estado de Alagoas.

À convite da comissão organizadora de um evento de decoração de escala latino americana, em parceria com uma grande rede de shopping center e uma rede de lojas referência em móveis e decoração no Brasil, os arquitetos da A2R, Álvaro Rocha, André Tavares e Rafael Maia, receberam o desafio de montar um estande de vendas em formato de lounge no meio da circulação de um shopping (Figura 1), devendo utilizar móveis e objetos fornecidos pela loja patrocinadora em pelo menos 95% do espaço. Dessa forma, sobraria apenas 5% do espaço para diferenciar o projeto da A2R de um simples ambiente de exposição da então loja. Além disso, executar um ambiente sem extremos seria uma dificuldade, pois, sem paredes, o corredor de passagem deveria ser adaptado, sem que interrompesse o fluxo de pessoas ou fosse um incômodo. O espaço deveria ser agradável de olhar, passar ou de estar.

Toda a parte de execução do ambiente seria de responsabilidade logística e financeira dos arquitetos, possibilitando apenas fazer pequenas parcerias com empresas fornecedoras de serviços e materiais.



Figura 1. Espaço destinado à montagem do ambiente

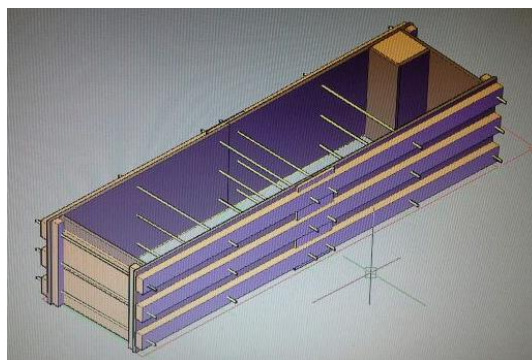
2. PROJETO

Uma vez estabelecidas as regras do desafio, os arquitetos iniciaram a fase de elaboração de projeto. Com o objetivo de definir o partido arquitetônico a ser utilizado, foram feitas pesquisas de tendências e elaborados croquis. No entanto, o limite de usar apenas 5% de material próprio, não permitia muita flexibilidade. Decidiu-se, então, arriscar e propor para os parceiros algo inovador para a realidade da região, quando seriam exploradas as

potencialidades de cada arquiteto: projetos de interiores; habilidade com trabalhos manuais e uso de ferramentas; conhecimento de uso de materiais com potencial em preservação ambiental; e conhecimento e habilidade com construção com terra.

A proposta apresentada em forma de perspectiva eletrônica (Figura 2), planta baixa e breve memorial explicativo, seguindo o solicitado, seria um lounge, ou seja, um espaço para convívio, com partido arquitetônico relacionado ao regionalismo contemporâneo, onde elementos naturais, a exemplo da terra, da água e vegetação, seriam utilizados como centro do ambiente. Segundo a proposta apresentada, seria construído um banco de taipa de pilão com camadas multicoloridas e uma fonte em granito com tampo de vidro. Como complemento ao ambiente, buscaria no acervo do patrocinador elementos contemporâneos, alguns, na medida do possível, rústicos. Nesse caso, o limite seria excedido e os móveis e objetos do patrocinador seriam apenas complementos. Apesar de certo espanto, a proposta foi aceita, com a única condição que o patrocinador pudesse opinar sob os itens da loja a serem utilizados.

A fonte em granito e o tampo de vidro foram cedidos por fornecedores locais em troca de divulgação da marca.



Figuras 2 e 3. Perspectivas eletrônicas do ambiente e da forma da taipa de pilão

Quadro 1 – Relação de materiais

Materiais	
Discriminação	Quantidade
Terra seca com 70% de areia, sem matéria orgânica, peneirada em malha de 5 mm	1,5 m ³
Cimento Portland	2 sacos de 50 kg
Pigmento vermelho em pó a base de óxido de ferro	1,0 kg
Pigmento amarelo em pó a base de óxido de ferro	1,0 kg
Pigmento preto em pó a base de óxido de ferro	1,0 kg
Óleo diesel	1 litro
Impermeabilizante BIANCO	1 litro
Materiais para confecção do molde	
Placa de madeira compensada (com cola fenólica, plastificada), com 2,20 m x 1,10 m e espessura de 18 mm	2
Tábua de madeira aparelhada, 27 cm x 2 cm e 0,70 m de comprimento	6 (4,20m->4,50m)
Peça de madeira aparelhada, 5,5 cm x 11 cm e 3,50 m de comprimento	6 (21,00m)
Peça de madeira aparelhada, 5 cm x 5 cm e 0,60 m de comprimento	4 (2,40m->2,50m)
Barra de aço com rosca, ϕ 3/8" e 64 cm de comprimento	12
Arruela com diâmetro interno de 1/2" e externo de 2"	24
Porca para a barra de rosca com diâmetro de 3/8"	24
Mangueira 1/2" e 70 cm ou cano de 1/2"	12
Pregos	?
Materiais para confecção dos compactadores	
Peça de madeira de 20 cm x 20 cm x 20 cm (aproximadamente)	2
Peça de madeira de 10 cm x 10 cm x 20 cm (aproximadamente)	1
Cabo de enxada	3
Outros materiais	
Folha de EVA, 2,75 m x 0,70 m	1
Lona Plástica preta 5,00 m x 6,00 m	1
Madeirite resinado 2,20 m x 1,10 m 17 mm	1

Uma vez passada a fase de negociação dos elementos a serem utilizados, foi elaborada uma lista de matérias a serem solicitados ao patrocinador. Paralelo a essa etapa foi feito o planejamento da execução e orçamento dos demais elementos. Para realizar a execução do banco de taipa, foi feito o projeto da forma com o auxílio de esboços e maquete eletrônica (Figura 3) e informações recolhidas dos manuais de oficina dos eventos PROTERRA e TERRABRASIL. O tipo da forma e do pilão, assim como a lista de materiais e ferramentas a serem utilizados, foi baseado nas oficinas dos TerraBrasil, conforme quadro 1.

3. CONSTRUÇÃO

3.1 Materiais, ferramentas e logística

Com a conclusão da lista de materiais e ferramentas, foi necessário apresentar ao shopping o cronograma de execução do ambiente, pois, seguindo regras frequentemente adotadas por shoppings, quando é permitido realizar obras apenas no período em que está fechado a visitação de clientes. Na proposta, seriam utilizadas 4 noites: noite 1- montagem do canteiro, montagem da forma e construção do banco; noite 2- limpeza do canteiro, montagem e disposição do mobiliário; noite 3- colocação e enchimento da fonte, 1ª camada de impermeabilização do banco e disposição dos objetos decorativos; noite 4- vegetação, 2ª camada de impermeabilização do banco, acabamentos e fotografias. Essa proposta foi negada, pois o espaço em questão deveria ser totalmente concluído em apenas uma noite.

Além disso, existiu uma particularidade com o local a ser construído o banco, diferente do normalmente encontrado. O canteiro de obra estaria sobre um piso de granito polido, distante de acessos de veículos e todo material deveria ser transportado sem deixar vestígios. Nem mesmo o local da ambiente poderia ser sujo ou danificado. Estava lançado o desafio: como construir com terra sem sujar nada? Como fazer um banco de taipa de pilão e sem danificar o piso em sua volta? Como ter todos os materiais à mão e possibilitar montar um canteiro, montar uma forma, construir um banco, desmontar uma forma, limpar o canteiro de obras, montar os demais móveis, dispor os objetos decorativos, impermeabilizar o banco de taipa de pilão e remover todas as ferramentas e resíduos, tudo em um intervalo de tempo de 11h (das 22:30h às 09:30h do dia seguinte).

As soluções adotadas foram:

- A forma foi construída e testada previamente;
- A terra foi comprada peneirada e ensacada em sacos de farinha de trigo para 50kg;
- A lista de ferramentas foi revisada e vários itens sem uso previsto foram inseridos, com o objetivo de solucionar problemas não previstos;
- Utilizar lona plástica grossa com dimensões de 5x6m para forrar o canteiro de obras;
- Utilizar uma folha de madeira compensada como local para misturar a terra;
- Solicitar ligações provisórias de água e elétrica;
- Transportar a água em uma bomba de dedetização com capacidade para 20 litros, pois facilita o transporte como mochila, armazena a água com pouco vazamento e é uma ótima ferramenta para molhar a mistura de terra, cimento e colorante;
- Utilizar um carro tipo prancha, para transportar os materiais da doca até o local da obra (cerca de 150m), pois tem uma capacidade de 300 kg, é espaçoso e leve de manobrar;

O canteiro foi organizado conforme mostra a figura 4, com a forma da taipa em uma extremidade, a folha de madeira compensada para mistura dos materiais ficou no centro da lona e os sacos de terra, cimento e colorante ficaram na outra extremidade.



Figura 4. Canteiro de obra

3.2 Construção do banco

Conforme planejado, a equipe composta pelos três arquitetos, um carpinteiro e um servente, com o intuito do servente misturar o material, o carpinteiro compactar, e os demais coordenar, auxiliar e organizar o mobiliário, foi deslocada. Optou-se por um carpinteiro pela possível necessidade de providenciar reparos na forma ou socadores.

Conforme combinado, parte da equipe chegou ao shopping para retirada do mobiliário da loja patrocinadora e acompanhamento até o local da instalação. No entanto, devido a processos não muito esclarecidos, foi passada para a equipe a responsabilidade também do transporte e montagem, atividades essas que não estavam preparados por não dispor tempo nem transporte apropriado. Apesar disso, foi possível resolver esse impasse e às 0:00h foi iniciada a etapa de descarregamento dos materiais e ferramentas para construir o banco de taipa de pilão.

Segundo os cálculos, seriam necessários $0,77 \text{ m}^3$ de material compactado para fazer o banco de taipa de pilão, cuja sua dimensão seria $0,70 \text{ m} \times 2,75 \text{ m} \times 0,40 \text{ m}$ (L x C x H). Prevendo-se 8 camadas de 5 cm de altura cada, seria necessário obter material equivalente à $0,097 \text{ m}^3$, ou seja, aproximadamente 100 litros de material compactado por camada. Considerando volume de terra solta, adotou-se o equivalente a 200 litros de material solto. No entanto, antes de definir a quantidade de cimento a ser acrescentada na terra disponível, seria necessário encontrar a proporção de areia:argila:silte. Por não dispor de tempo nem recursos para solicitar ensaios laboratoriais, adotou-se o teste do vidro. Este indicou que a terra disponível se tratava de uma areia argilosa com pouco de silte. Segundo alguns especialistas, esse tipo de material é apropriado para taipa de pilão, no entanto, o percentual de areia estaria no limite máximo. Com base nos resultados obtidos pelo teste, optou-se por usar uma mistura de 18 litros de cimento para 182 litros de terra areia-argilosa, numa proporção de aproximadamente 1:10 (cimento:areia). Além desses materiais, seriam acrescentados 500 gramas de óxido de ferro em quatro das oito camadas de forma alternada.

Contudo, ao iniciar o trabalho foi constatado que a placa de madeira a ser utilizada para misturar o material não permitia trabalhar grandes quantidades de terra e essas quantidades precisaram ser divididas pela metade. Foi necessário então tomar uma decisão: camadas de 2,5 cm ou fazer cada camada de 5 cm em duas etapas, providenciando para que as duas misturas fossem exatamente iguais e garantir a mesma tonalidade. Optou-se por fazer cada camada dividida em duas misturas iguais.

Após concluir a primeira mistura, o material foi lançado em metade da forma e, enquanto a dupla fazia uma nova mistura para a segunda metade da primeira camada, um dos arquitetos iniciou o processo de compactação. Percebeu-se, então, que o tempo que uma pessoa compactava meia camada era quase o mesmo tempo que a dupla misturava material para meia camada, o que fechava um ciclo de produção com produtividade

aceitável. Dessa forma, visto que a equipe estava atrasada, houve uma reorganização na estrutura da equipe e três pessoas passaram a produzir o banco de taipa de pilão.

As misturas da primeira camada foram feitas sem óxido de ferro, a fim de obter a cor natural da terra. A partir da segunda camada foi acrescentado 250 gramas de óxido de ferro vermelho para a primeira mistura. Por observação foi possível constatar que apenas essa quantidade de óxido de ferro não alcançara a tonalidade vermelha desejada, uma vez que a terra utilizada era dotada de uma cor amarelada. Então optou-se por dobrar a quantidade, o que resultou em uma tonalidade melhor do que esperava-se quando utilizado o óxido de ferro vermelho ou o preto. Apenas com o amarelo não foi possível ter uma mudança muito perceptível, pois a cor e a composição da terra não permitiram uma reação mais visível de alteração de cor.

Após finalização da etapa de compactação, foi recolhido todo o material em torno da forma de taipa e iniciou-se a etapa de retirada da forma, com a retirada das borboletas e arruelas das barras centrais e posteriormente das barras das extremidades. Apesar da simplicidade dessa etapa, é necessário bastante cuidado, pois, em outras experiências, é comum danificar a taipa com a retirada da forma. Como resultado, obteve-se o banco apresentado na figura 5. A taipa apresentou superfícies laterais extremamente lisas e rígidas, com o acabamento superior ao esperado pela equipe.



Figura 5. Banco de taipa de pilão finalizado

3.3 Montagem do ambiente

Paralelamente à produção do banco de taipa de pilão, dois membros da equipe montaram alguns dos móveis que iriam compor o ambiente: duas estantes de madeira e quatro poltronas. Dessa forma, depois da retirada de todos os materiais e ferramentas utilizados para a produção do banco, a equipe de limpeza do shopping limpou toda a área, que, apesar de tantos cuidados, ainda sujou de terra. Em seguida, os arquitetos organizaram todo o mobiliário no ambiente antes do horário de abertura do shopping, às 10:00h.



Figuras 6 e 7. Ambiente finalizado

Apesar dos esforços da equipe, com a construção do banco e a montagem dos móveis, o ambiente não pode ser finalizado na mesma noite/madrugada, pois os fornecedores da fonte em granito e do vidro não conseguiram entregar os materiais antes da abertura do shopping. Dessa forma, foi necessário que a equipe retornasse na manhã seguinte para colocar a

fonte no local, enche-la com água e plantas aquáticas e dispor os objetos de decoração (Figuras 6 e 7).

4. ASPECTO FINAL DA TAIPA

Apesar da qualidade visual geral da taipa, foram observadas algumas situações indesejáveis decorrentes da execução. Conforme pode ser visto na figura 8, a maioria das esquinas do banco apresentou esfarelamento após a retirada da forma, tornando-se pontos de fragilidade até mesmo a toques leves. Comportamento semelhante ocorreu com a parte inferior da primeira camada, onde ocorreu esfarelamento em todo o perímetro do banco. Para sanar o problema apresentado nas esquinas, nada foi feito, apesar de pensar-se em cantoneiras. Essa ideia foi descartada para não tirar a leveza e não passar uma sensação de fragilidade que a técnica pudesse ter. Com relação ao segundo problema, foi aplicado um fio de silicone transparente, em uma espécie de rodapé de silicone. Apesar de não ter um acabamento uniforme, contribuiu para evitar o esfarelamento.



Figuras 8 e 9. Manifestações patológicas

Durante a compactação, optou-se por retirar algumas barras roscadas e reduzir o número de buracos que ficariam nas laterais do banco. Com isso, a forma ficou com os orifícios pelos quais passavam as barras, abertos, e a terra certamente passaria por eles e apresentaria imperfeições no acabamento. Como tentativa de tapar o buraco das formas, foi usado papel colado com silicone. No entanto, durante a compactação, o pilão raspava na lateral da forma, retirava o papel e a terra grudava no silicone. O silicone foi removido e, conseqüentemente, o óleo diesel, que não tornou a ser aplicado. Como resultado, a terra grudou nessa superfície e, quando da retirada da forma, uma parte da terra compactada soltou da taipa, deixando uma depressão na lateral do banco (Figura 9).

A superfície superior, apesar de rígida, não apresentou acabamento tão liso, e estava “esfarelando”, liberando grãos de areia ao passar a mão ou um pano. Após serem aplicadas três camadas de impermeabilizante à base de PVA, esse esfarelamento reduziu bastante.

5. FINAL DO EVENTO

Era necessário desmontar o ambiente após os 50 dias de exposição. Para tanto, nessa etapa o patrocinador enviou uma equipe para desmontar e transportar seus móveis e objetos. Outra equipe transportaria a fonte de granito. Ficou a cargo da equipe de arquitetos apenas remover o banco. Visto que o peso estimado do banco era em torno de uma tonelada, seria inviável deslocá-lo inteiro, e, caso esse transporte fosse possível, provavelmente o banco fissuraria e/ou quebraria.

Para repartir o banco, foi providenciada uma lista de ferramentas contendo: martelo, talhadeira, pá, enxada, picareta, balde, lona e vassoura. Acreditava-se em duas possíveis situações: 1- ao aplicar golpes de marreta em alguns pontos, ele quebraria em vários pedaços; ou 2- com auxílio de talhadeira e martelo, poderiam ser feitos blocos. No entanto, ao aplicar golpes de martelo nada aconteceu. Quando foram utilizadas talhadeira e martelo, foram necessários vários golpes para soltar pequenos pedaços das camadas (Figura 10). A

resistência que a taipa atingiu superou a expectativa de todos os envolvidos no projeto. Foi usada, então, uma furadeira com broca longa para tentar separar pedaços de 3 ou 4 camadas, mas por várias vezes a broca ficou presa e depois de alguns furos ela quebrou e foi preciso usar a talhadeira para soltá-la (Figura 11). Em mais uma tentativa, foi utilizada uma picareta, aplicando golpes nas entrecamadas e fazendo um movimento de alavanca para seu descolamento (Figura 12). Como resultado, após alguns pedaços significativos, o cabo da picareta quebrou. Por fim, após tantos golpes com inúmeras ferramentas, aparentemente o banco estava frágil, e os golpes de talhadeira com martelo soltavam camadas cada vez maiores, permitindo quebrar os cerca de 75% restantes do banco em menos tempo que o utilizado para quebrar os primeiros 25% (Figura 13). Após o término da demolição, os pedaços da taipa foram transportados para fora do shopping.



Figuras 10 a 13. Processo de demolição para retirada do banco de taipa de pilão

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A experiência apresentada reforça que é versatilidade da terra como material construtivo e seu uso em condições das mais variadas. Mostra que é possível também dialogar com vários estilos e partidos arquitetônicos e assumir um papel além de mero elemento construtivo. A admiração dos visitantes ao saber do que era feito aquele banco, permitiu quebrar paradigmas de que a construção com terra estaria associada à miséria. Para os arquitetos, essa admiração provou que a terra é um material com grau de aceitação superior ao estimado, dependendo apenas de como é apresentado. Considerando os custos, essa peça de design exclusivo, como fora descrito o banco em uma publicação, foi executado por R\$ 1.656,00, incluindo material e mão de obra. Valor esse muito inferior a tantas outras peças de design disponíveis no mercado. Para melhorar a qualidade e a produtividade do banco, foram constatados alguns aspectos, como: utilizar uma superfície maior ou uma batedeira planetária para misturar maior quantidade de material; utilizar um compactador pneumático; instalar rodapés para proteger a base do banco; evitar esquinas retas, priorizando chanfrados; utilizar menos cimento; utilizar uma marreta ou um martelete para a demolição.

Quanto às perspectivas, os arquitetos pretendem inserir elementos construtivos de terra em outras obras de forma gradativa, de forma a ganhar a confiança da região no material e permitir que possam ser realizadas obras com todas as paredes e painéis feitos de terra.

Currículo dos Autores

Rafael Torres Maia, Arquiteto e Urbanista pela Universidade Federal de Alagoas (2005); Mestre em Arquitetura, Urbanismo e Tecnologia pela Universidade de São Paulo, São Carlos (2011); Professor Substituto na Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Alagoas; Arquiteto da Prefeitura Municipal de Viçosa; Pesquisador do Grupo de Pesquisa em Habitação e Sustentabilidade – HABIS; Membro da Rede TerraBrasil.

Álvaro José da Rocha Cavalcante, Arquiteto e Urbanista formado pela Universidade Federal de Alagoas (2008); pós-graduação em Segurança Ambiental pela Estácio FAL (2012); pós-graduando em lighting design pela Incursos / Universidade Castelo Branco;

André Tavares Lopes, Arquiteto e Urbanista formado pela Universidade Federal de Alagoas (2007); e experiência profissional na Oster e Tenório desde 2007, desenvolvendo trabalho nas áreas de design de interiores e projetos arquitetônicos variados, conciliado com trabalhos autônomos nas áreas de design de interiores e arquitetura.

SOBRADO DONA BRASILEIRA – INTERVENÇÃO EM CONSTRUÇÃO DE INTERESSE HISTÓRICO VISANDO ADEQUAÇÕES AO USO ATUAL

Raymundo Rodrigues(1) Marcos Roberto Borges dos Santos(2)

Contextualização

Localizado na praça principal da cidade (foto 1), o sobrado foi edificado em meados do século XIX na cidade de Miracema, norte do estado do Rio de Janeiro. O nome faz referência a uma antiga moradora e proprietária, conhecida na cidade como Dona Brasileira.

A contratação aconteceu através da prefeitura municipal, que desapropriou o imóvel com recursos do Ministério da Educação, visando a instalação de um jardim de infância.



Figura 1



Figura 2

Sistema construtivo e estado de conservação

A edificação tem uma característica peculiar: na fachada principal foi utilizado tijolo maciço queimado, nas externas, laterais e fundos, adobe e nas internas taipa de mão, como é chamada na região, mais conhecida como pau-a-pique. O estado de conservação era preocupante: algumas paredes e parte do telhado haviam colapsado, esquadrias e instalações em estado precário, assoalho comprometido, etc. (figuras 3 e 4).



Figura 3



Figura 4

Projeto

A impossibilidade legal de criar espaços para as crianças no andar superior do sobrado, fez com que, para o cumprimento do programa de necessidades fosse ocupado parte dos fundos do terreno (figura 5).

Para o pavimento térreo ficou definido que haveria uma secretaria, sala de professores, sanitários e ainda um espaço lúdico e de descanso, para as crianças da fase maternal. O pavimento superior seria reservado para instalações administrativas e pedagógicas da unidade educacional.

As salas de aula foram executadas na parte posterior do terreno, além de cozinha e depósito de materiais.



Figura 5

Restauração

O projeto de restauração teve como meta atender ao programa estabelecido sem descaracterizar o imóvel, sobretudo do ponto de vista tipológico e volumétrico. As informações obtidas através do levantamento cadastral e documentação fotográfica, também objeto dessa contratação, foram referências fundamentais para a elaboração das respostas para o restauro.

O levantamento cadastral evidenciou que o sobrado, com o passar dos anos, sofreu intervenções variadas. Ficou evidente também que a data 1926 gravada no frontão, deve-se a uma grande intervenção onde o imóvel passou um processo de modernização, que do ponto de vista formal acentuaram seus traços ecléticos. Nos dois pavimentos vários compartimentos foram criados no perímetro da planta original, intervenções essas que o tempo de encarregou de incorporar-los de direito valorado à construção original.

Devido ao generalizado estado de degradação, foram poucas as ações baseadas no conceito da mínima intervenção. Duas das paredes externas laterais que eram de adobe foram refeitas de tijolo maciço, e todas as internas originais degradadas e novas na técnica de taipa de mão (figura 6). Na cobertura, parte da estrutura de madeira e todas as telhas foram todas trocadas (figura 7). Pisos, cerâmicos, assoalhos de madeira e todas as esquadrias também foram substituídas.

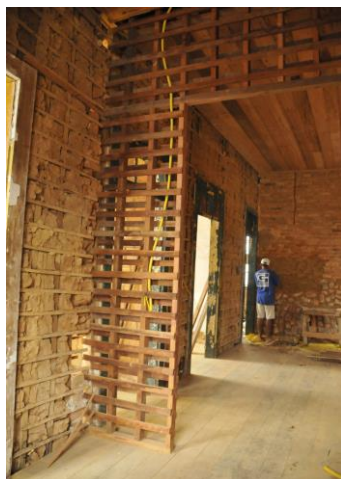


Figura 6



Figura 7

Anexo

Composto de quatro salas de aulas, todas com sanitários, cozinha e depósito. Inspirado no universo lúdico infantil, o aspecto formal baseou-se na forma da salamandra, gerando uma construção semicircular.

As vedações, com exceção daquelas com tubulações onde se utilizaram tijolo cerâmico furado, foram construídas em taipa de mão. A “gaiola” das vedações foram estruturadas entre pilares de eucalipto tratado em sistema de autoclave, e, também pilares compostos por peças de madeira de lei com bitola 6X12 cm, e a trama foi concluída com rejeito de ripas dispostas na horizontal (figuras 8 e 9).

Todas as argamassas de revestimento, inclusive do prédio principal, foram elaboradas a partir da pasta de cal, e agregados como terra e areia, esta última com granulometria variada, dependendo do tipo de argamassa.



Figura 8



Figura 9

Para a solução da cobertura optou-se pelo teto verde, sua estrutura é composta de “cambotas” feitas com madeira de reflorestamento laminada, em forma de arco abatido dispostas e apoiadas pelos pilares já citados a cada metro. Sobre essas “cambotas” foram aplicadas chapas “OSB flexíveis para acompanharem a forma em arco.

Tetos verdes exigem superfícies impermeáveis sob os mesmos, para solucionar essa necessidade, optou-se por membrana à base de PVC que foi fixada sobre as chapas “OSB”, antes de receber o solo que serviu de substrato para o gramado (figuras 10 e 11).

Foram instaladas mãos francesas, perpendiculares ao comprimento da construção feitas de chapas duplas compensado, para sustentarem o beiral, protegido por laminas translúcidas de policarbonato.



Figura 10



Figura 11

Conclusão

O desafio de “salvar” uma construção de interesse histórico do desaparecimento, se dilui diante do fato de que sua permanência e continuidade deve ser extremamente criteriosa, do ponto de vista dos conceitos intrínsecos à elaboração do projeto e execução dos procedimentos de restauro.

A descaracterização tipológica é um risco sempre presente nesse tipo de intervenção. A pesquisa histórica e a documentação, itens fundamentais para o conhecimento do objeto, também iluminam caminhos para as respostas que tratam dos aspectos formal e funcional.

A ausência da aplicação do conceito de conservação preventiva, enquanto procedimento básico no uso cotidiano e permanente do edifício, proporciona a potencialização de pequenos problemas, gerando graves patologias, que exigem respostas radicais do ponto de vista dos materiais utilizados, aliados a recursos sempre vultuosos.

Outro desafio, esse sempre polêmico, consiste em “agregar” à um bem, valorado pela comunidade, pelo entorno e pelo uso, construções necessárias para que o novo uso do edifício, após sua requalificação, se mantenha.

Raymundo Rodrigues Filho – arquiteto, mestre em urbanismo, especialista em restauração e sócio da empresa Oikos Conservação e Restauro Ltda.

Marcos Roberto Borges dos Santos – arquiteto, especialista em restauração, sócio da empresa Oikos Conservação e Restauro Ltda.

Duas Construções em Terra

Ricardo Junqueira Piva

1. RESIDÊNCIA SANTA BÁRBARA

Residência unifamiliar em condomínio fechado, terreno de 1000m² no município de Jambeiro, SP. Área construída de 230m².

O proprietário, um juiz aposentado, agora escritor, está no seu segundo casamento e leva uma vida reclusa. O programa pedia duas suítes, uma para cada cônjuge, dois quartos compartilhando um banheiro para eventual visita dos filhos, um escritório amplo onde pudesse abrigar muitos livros, cozinha pequena e funcional, visto que não recebem visitas e sala ampla com vista para a paisagem distante. Desejava uma casa sustentável, mas considerou que o pau-a-pique proposto poderia desvalorizar sua propriedade num condomínio fechado. Considerou o BTC uma opção mais viável.

O terreno está em forte declive, com uma pequena área mais plana ao nível da rua, um pedaço quase plano 1,50m mais baixo e outro pedaço quase plano 3,00m mais baixo que o nível da rua. Para alterar o mínimo a topografia (não exportamos ou importamos terra), a casa se desenvolve nestes três níveis. Ao nível da rua estão a cozinha, área de serviço e garagem. No nível -1,50m estão as duas suítes e embaixo da sala, no nível - 3,0m, estão os quartos e escritório.

As fundações são convencionais, com brocas e vigas baldrame em concreto armado, o piso da sala e a cobertura das suítes são de laje pré-fabricada.

Não existem pilares de concreto e todas as paredes são de BTC, comprados de um fabricante local, a menos de 10 km da obra. Os tijolos foram assentados com cola branca, calafetados com rejunte flexível e impermeabilizados com um produto a base de silicone (Aquela).

A cobertura da sala e garagem é de telha de barro, com vigamento e caibros de eucalipto roliço tratado. A cobertura das suítes é um teto verde que pode ser desfrutado da sala já que está a 1,25m acima do nível desta. O corredor central, coberto por laje de concreto, também é um teto verde. Impermeabilização com manta asfáltica.



Figura 1 Vista da rua



Figura 2 – vista dos fundos

2. CASA BEATRIZ SÁ de TOLEDO

Residência unifamiliar em terreno de 477m², em bairro central e bastante valorizado de São Jose dos Campos, SP. Área construída de aproximadamente 200m².

O programa exigia uma casa térrea, já que a esposa e um dos filhos são tetraplégicos, outros dois filhos estão noivos e vão morar na casa, portanto duas suítes e dois quartos compartilhando um amplo banheiro para os cadeirantes. Cozinha grande para atender a família, cuidadores e empregada, mais churrasqueira, sala grande e um espaço para escritório. Apesar de tetraplégica a esposa, dona de uma imobiliária, trabalha em casa.

Terreno irregular em declive para o sul, com muitas árvores no local. O desafio foi trazer luz e sol para dentro de casa. Conseguimos manter cinco palmeiras, uma mangueira e duas amoreiras. Mantivemos a topografia do terreno, apoiando a frente da casa no solo e os quartos ao fundo estão a 2,85m do chão, sobre pilotis de concreto, abrigando a garagem. A churrasqueira está em frente à sala no mesmo nível. A planta da casa é em “T”, com os dormitórios ao fundo, na parte mais larga do terreno e a sala, escritório, área de serviço e cozinha perpendiculares aos quartos.

Fundações convencionais, com brocas, vigas baldrame e pilares dos pilotis em concreto e piso da casa em laje pré-fabricada. Da laje para cima não há mais concreto, todas as paredes são de BTC, assentados com cola branca, rejuntados com rejunte flexível e impermeabilizados com produto a base de silicone.

A cobertura dos quartos é de telha cerâmica, com vigamento, caibros e ripas em eucalipto. A cobertura da sala é um teto verde sobre fundo de placas de OSB 18mm, impermeabilizadas com manta de EPDM, apoiadas em vigas e caibros roliços de eucalipto. A churrasqueira também é coberta com teto verde, no mesmo sistema da sala.



Figura 1 – vista da sala



Figura 2 - Vista do setor de serviço

3. CURRICULO

O autor é formado pela FAU Mackenzie, SP em 1980. Trabalhou em São Paulo como sócio da Paulo Sophia e Ricardo Piva Arquitetos Associados até 1991. Atualmente mora e trabalha em São Jose dos Campos, SP.

Centro de Promoção da Permacultura e Cultura Caipira – PUPA

Ricardo Junqueira Piva

O PUPA está vinculado ao Instituto Acel, ONG gestora de uma creche na periferia de São José dos Campos, SP.

As atividades do PUPA incluem aulas de pintura, música, projeções de filmes, etc. para as crianças da creche, e encontros de difusão da Permacultura, aulas de capoeira e apresentações de música e dança para a comunidade.

O programa indicava a necessidade de um salão para aulas e outras atividades pedagógicas, uma área de convívio (sem paredes) com fogão à lenha, bancada de pia e dois banheiros. O terreno é plano, em área alagadiça.

As fundações são sapatas corrida em pedra rachão elevando-se aproximadamente 25 cm do solo sujeito a alagamento. A estrutura é em eucalipto roliço tratado, apoiada no baldrame de pedras. Vigas e caibros também são em eucalipto tratado.

As paredes do salão de 4,50m x 6,00m são de pau-a-pique (figura 1). As paredes dos banheiros são em BTC prensados na obra.

Todo o piso do salão e área de convívio, aproximadamente 62m², é em cacos de mármore assentados com massa de cal areia e terra, sobre cama de brita (figura 2). Piso e revestimento dos banheiros em mosaico de cacos de cerâmica. Todas as paredes receberam pintura de cal tingida com terra.



Figura 1



Figura 2

A estrutura do telhado é de placas reutilizadas de aglomerado de madeira apoiadas nos caibros roliços de eucalipto. São dois tetos verdes em “asa de borboleta”, um cobrindo o salão/convivência e o outro os banheiros.

A impermeabilização foi feita com mantas de EPDM (borracha de Etileno Propileno-Dieno), doadas pela Lineflex.

Etapas da obra foram executadas em regime de mutirão, com a participação do grupo de Permacultura local.



Figura 3



Figura 4

Currículo:

O autor é formado pela FAU Mackenzie, SP em 1980. Trabalhou em São Paulo como sócio da Paulo Sophia e Ricardo Piva Arquitetos Associados até 1991. Atualmente mora e trabalha em São Jose dos Campos, SP.

TERRA BRASIL

© 2014
Viçosa - Minas Gerais



Foto: Luísa Chaves



Promoção



Organização



Apoio

