



TERRA BRASIL

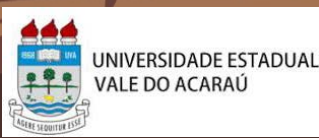
2012



Fortaleza-CE, 7 a 10 de agosto de 2012

**Célia Neves
Obede Borges Faria
(Editores)**

IV Congresso de arquitetura e construção com terra no Brasil: Cultura popular e conhecimento científico





BRASIL 2012

IV CONGRESSO DE ARQUITETURA E
CONSTRUÇÃO COM TERRA NO BRASIL



Fortaleza-CE, 1 a 10 de agosto de 2012

COORDENAÇÃO GERAL

Prof. Dr. Alexandre Araújo Bertini – DEECC/CT/UFC (coordenação)

MSc. Enga. Célia Neves, Rede TerraBrasil/ PROTERRA

Prof. Dr. Francisco Carvalho de Arruda Coelho – UVA

COMISSÃO CIENTÍFICA

MSc. Enga. Célia Neves – PROTERRA/Rede TerraBrasil – Brasil (coordenação)

Prof. Dr. Adeildo Cabral da Silva – IFCE – Brasil

Prof. Dra. Akemi Ino – IAU/USP – Brasil

Arq. Alejandro Ferreiro – FARQ/UDELAR – Uruguai

MSc. Arq. Alexandre Mascarenhas – IFMG – Ouro Preto – Brasil

MSc. Arq. Ana Cristina Villaça – PROTERRA/Rede TerraBrasil – Brasil

Profa. Dra. Ana Paula Milani – UFMS – Brasil

Profa. Dra. Andrea Naguissa Yuba – UFMS – Brasil

MSc. Eng. Ariel González – UTN Santa Fe – Argentina

Profa. Dra. Cybèle Santiago – UFBA – Brasil

Prof. Dr. Francisco Carvalho de Arruda Coelho – UVA – Brasil

MSc. Arq. Márcio V. Hoffmann – Fato Arquitetura – Brasil

Prof. Dr. Marco Antônio Penido de Rezende – UFMG – Brasil

Dra. Arq. Maria Isabel Kanan – ICOMOS-ISCEAH – Brasil

Prof. Dr. Obede Borges Faria – DEC/FEB/UNESP–Bauru – Brasil

MSc. Arq. Rafael Torres Maia – Rede TerraBrasil – Brasil

Profa. MSc. Sandra Selma Saraiva de Alexandria – UFPI – Brasil

Profa. Dra. Wilza Gomes Reis Lopes – UFPI – Brasil

COMISSÃO ORGANIZADORA LOCAL

Prof. Dr. Alexandre Araújo Bertini – DEECC/CT/UFC (coordenação)

Prof. Dr. Antônio Eduardo Bezerra Cabral – DEECC/CT/UFC

Prof. Dr. Francisco Carvalho de Arruda Coelho – UVA

Prof. MSc. Lyttelton Rebelo Fortes – ABENC-CE

Prof. MSc. Ricardo Marinho de Carvalho – DEECC/CT/UFC

Instituições Organizadoras



Rede TerraBrasil

Rede TerraBrasil de Arquitetura e Construção com Terra



UNIVERSIDADE
FEDERAL DO CEARÁ

UFC - Universidade Federal do Ceará

DEEC/CT – Departamento de Engenharia Estrutural e Construção Civil, do Centro de Tecnologia



UNIVERSIDADE ESTADUAL
VALE DO ACARAÚ

UVA - Universidade Estadual Vale do Acaraú

Apoios



PROTERRA – Rede Ibero-Americana de Arquitetura e Construção com Terra



**GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ**
*Secretaria da Ciência, Tecnologia
e Educação Superior*

Governo do Estado do Ceará
Secretaria de Ciência, Tecnologia e Educação Superior



Ministério da Educação
Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior



O Banco de Desenvolvimento do Nordeste



CREA-CE
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia do Ceará

TerraBrasil 2012
IV Congresso de Arquitetura
e Construção com Terra no Brasil:
Cultura popular e conhecimento científico

Anais

Célia Neves
Obede Borges Faria
(editores)

Rede TerraBrasil / UFC

Fortaleza-CE
2018

720 Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil (4.
C759 : 2012: Fortaleza, CE).
Anais [recurso eletrônico] do 4º Congresso de Arquitetura
e Construção com Terra no Brasil: Cultura popular e
conhecimento científico, realizado em Fortaleza, no ano de
2012; editado por Célia Neves e Obede Borges Faria. --
Fortaleza: TerraBrasil/UFC, 2018
462 p.

ISSN 2178-1729

1. Arquitetura e construção com terra. 2. Técnicas
construtivas. I. Neves, Célia. II. Faria, Obede Borges. III.
Título.

Os arquivos relativos aos trabalhos constantes deste livro foram originalmente reunidos pelos organizadores do TerraBrasil2012 em um CD-ROM e distribuído aos participantes do evento. Recentemente, com a criação da página web da Rede TerraBrasil, deliberou-se por reunir estes trabalhos em um livro digital, para possibilitar o acesso universal a seu conteúdo, contribuindo com a difusão do conhecimento produzido na área da arquitetura e construção com terra no Brasil.

Sugestão para fazer referência a estes anais

a) Anais completos: Neves, C.; Faria, O. B. (ed.) (2012). Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil (4). Anais... Fortaleza, Brasil: TerraBrasil/UFC. Disponível em:
<http://redeterrabrasil.org/>

b) Artigo específico (um exemplo): Parisi, R. S.B.; Rodrigues, R.; Hoffmann, M. V. (2012). A experiência de ensino de práticas vinculadas à arquitetura e construção com terra na disciplina de pós-graduação da PUC-Minas, campus de Poços de Caldas. Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil (4). Anais... Fortaleza, Brasil: TerraBrasil/UFC. p. 332-41. Disponível em:
<http://redeterrabrasil.org/>

Diagramação e capas: Obede Borges Faria

Imagens da capa, guias e contracapa: adaptação da identidade visual do evento

Sumário

APRESENTAÇÃO	10
PROGRAMA	11
OFICINAS	12

Tema 1

MATERIAIS E TÉCNICAS DE CONSTRUÇÃO

Caracterização de solo de Lavras-MG para produção de adobe	15
Andréa A. R. Corrêa; Lourival M. Mendes; Gustavo H. D. Tonoli	
Desenvolvimento e caracterização mecânica de compósitos solo-cimento autoadensáveis	24
Adriana Paiva de Souza Martins; Flávio de Andrade Silva; Romildo Dias Toledo Filho	
Avaliação inicial do comportamento da argamassa de solo, cal, areia artificial e cinzas de bambu	35
Michel Habib Ghattas; Ademir Almeida; Gladis Camarini	
Uso do resíduo de minério de ferro como estabilizante de solo da região do pantanal sul mato-grossense	47
Ana Paula da Silva Milani; Thiago de Souza da Silva	
Avaliação das características físico-mecânicas de adobe reforçado com fibras vegetais do coco verde	55
Saulo Rocha Ferreira; Sarah Silva Oliveira; Adeildo Cabral Silva	
Avaliação preliminar da influência da adição de “baba-de-cupim” em características físicas e mecânicas de solo-cimento compactado	66
Obede Borges Faria; Rosane Aparecida Gomes Battistelle; Célia Neves	
Uso de resíduo da britagem de rochas basálticas na fabricação de blocos de terra comprimida	77
Ana Paula da Silva Milani; Heleodoro Morilho Castro; Sandra Regina Bertocini	
Bloco de terra compactada com adição de cinza de carvão mineral	88
José W. Soares; Alexandre A. Bertini; Edmas de S. Tavares Júnior	
Estudo da viabilidade da fabricação de blocos de solo-cimento para a construção de alvenarias com a intenção de eliminar a argamassa de assentamento	97
Liliana Fay; Kristian Polborn Ceppas	
Análise de estruturas em taipa de pilão	106
Márcia H. Y. Sato; Reyolando M. L. R. da F. Brasil	
Estudio preliminar de muros de tapia apisonada reforçados con malla de carrizo entrelazado	116
María Teresa Méndez; Javier Oscar Cerón; Luis Felipe Camones y otros	
Proposta de contribuição para análise do desempenho técnico-constructivo das paredes de taipa de pilão	129
André Falleiros Heise; Fernando C. N. Minto; Marcio V. Hoffmann	

HISTÓRIA, CONSERVAÇÃO E PATRIMÔNIO

A importância da taipa de mão na história e na cultura do Brasil	136
Wilza Gomes Reis Lopes; Karenina Cardoso Matos; Thais Márjore Pereira de Carvalho	
A taipa para conhecer e lembrar: um registro da construção da moradia de comunidades alagoanas	148
Roseline Oliveira	
El embarrado como tecnología de construcción con tierra en Cuba	157
Fernando Sánchez Rodríguez; Duznel Zerquera Amador; Belkis Saroza Horta; Idamnis Monteagudo Rodríguez; Yami Castro Conrado; María del Rosario González Moradas; Miguel Ángel Rodríguez Díaz; Ileana Julia Barroso Valdés; Fernando Sánchez García	
Pueblo Rico, Neira: ejemplo de construcciones en madera, bahareque y tapia	167
Jose Robert Sánchez Osorio	
O Sobrado do Cartório. A técnica construtiva, o estado de conservação e possíveis ações para sua sobrevivência	178
Maria Virgínia Simão Peixoto; Marco Antônio Penido Rezende	

ARQUITETURA CONTEMPORÂNEA

Sistemas construtivos em terra: panorama brasileiro e suas referências técnicas históricas	189
Mariana Kimie Nito; Anália M. M. C. Amorim	
Reinterpretação da técnica da taipa na produção atual	201
Taís Augusto; Luna Lyra; Felipe Nunes; Leonardo Ribeiro	
Casa tecnológica de tierra (earthhouse technological)	211
María Teresa Méndez; Diego Machuca; Claudia Góngora; Juan Carlos Gonzáles; Cesar Akira Naganoma	
Adobe y bajareque sismo-resistentes	223
Arturo López González	
Bóvedas de adobe	235
Ramón Morales Aguirre; María Eugenia Serrano Esquivias	
Produção de adobes: visão de trabalhadores envolvidos em duas situações de obra em Piracaia/SP	242
Bianca dos Santos Joaquim; João Marcos de Almeida Lopes	
Un eslabón en el proceso de la construcción con tierra. La producción y comercialización de ecomateriales	254
Cristian Alan Lico; Ignacio Serrallonga; Ariel Gonzaléz; Leticia Taulamet; Jaime Maestre Corena	

ENSINO, FORMAÇÃO, CAPACITAÇÃO E TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA

Capacitación teórico-práctica durante 20 años en Argentina. Experiencias educativas en la enseñanza de las arquitecturas de tierra Rodolfo Rotondaro; Virginia Mascitti	264
Passagem de técnicas construtivas de bambu e fibrobarro para comunidade de baixa renda João Victor Correia de Melo; Roberto Takao Yamaki; José Luiz Ripper	275
Proyecto piloto de transferencia de nueva tecnología para refuerzo de construcciones en adobe: Condorillo Alto, Chíncha-Perú María Teresa Méndez; Palermo Palacios; Ronny Mora	286
Inventários do patrimônio arquitetônico formam banco de dados sobre edificações em tijolo e taipa em Alagoas Josemary Omena Passos Ferrare	297
Trajectoria da habitação social (em terra) no ensino e na prática dos arquitetos de Recife: 1959-2009 Enio Laprovitera da Motta	306
A criança e a construção com terra: murais urbanos e outras histórias Rosana S. B. Parisi; Esther Aparecida Cervini; Kátia Maria Pacheco Saraiva; Fernanda Del Carmen Vieira; Gabriela Avanzi Nunes; Laís Rafante de Lima Gonçalves; Bruna Veronesi Giardini; Elizandra Eduarda Rezende; Raíssa Bernardes Costa; Milena Martins Ávila	313
Convivências com o fibrobarro José Luiz Mendes Ripper; Daniel Malaguti Campos; Tiago de Paula Souza	322
A experiência de ensino de práticas vinculadas à arquitetura e construção com terra na disciplina de pós-graduação da PUC-Minas, campus de Poços de Caldas Rosana S. B. Parisi; Raymundo Rodrigues; Márcio V. Hoffmann	332
TerraBrasil: uma rede? De que tipo? Como melhorá-la? Marco Antônio Penido de Rezende; Célia Neves	342
Construcción con tierra Silvia de Schiller; John Martin Evans; Juan Carlos Patrone; Rodolfo Rotondaro	352
Informes de la Construcción 523. Monográfico la tierra material de construcción, perspectivas de futuro Sandra Bestraten Castells; Emilio Hormías Laperal	364

SUSTENTABILIDADE DA CONSTRUÇÃO COM TERRA

A atual tendência da construção no Brasil e seus reflexos para a arquitetura e construção com terra Ana Cristina Villaça	375
--	------------

Utilización de la reflexión y concentración de los rayos solares sobre una vivienda de adobe en la ciudad minera de Cerro de Pasco, Perú	387
María Angélica Guevara Lactayo	
O centro de referência para o habitat sustentável e eficiência energética da PUC-Minas, Poços de Caldas	398
Rosana S. B. Parisi; Glacir Teresinha Fricke; Ricardo Couceiro Bento; Aline Vilela Faria; Ana Carolina Bibanco Cândido; Isadora Figueiredo Basílio; Lucas Natan de Souza Soares; Natália Capelari Rezende; Thales Marin	
Tecnologias sociais aplicadas à habitação rural: um estudo de caso no município de Senador Rui Palmeira/AL	408
Natiele Vanessa Vitorino; Odair Barbosa Moraes	
A utilização do fibrobarro em uma construção efêmera	418
José Luiz Mendes Ripper; Marcio Amorim Lazaroni; Tiago de Paula Souza	

COMUNICAÇÕES TÉCNICAS

O monopólio da falta de informação na construção civil	430
Fernando Luis de Oliveira Costa	
Incubadora verde	441
Eliana Baglioni; Rodrigo Munhoz	
Arquitetura de terra – uma tecnologia atemporal	453
Gabriela Pontes Monteiro; Isabel Amalia Medero Rocha	

No ano de 2006, na cidade histórica de Ouro Preto, realizou-se o TERRABRASIL 2006 – I Seminário de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil e IV Seminário de Arquitetura de Terra em Portugal. O sucesso do evento, que superou todas as expectativas, reunindo não só pesquisadores e profissionais de todo país, como, dentre outros, de Portugal, Estados Unidos, México, Argentina e Colômbia, confirmou não só a necessidade de sua realização, como da continuidade dos congressos.

Em 2008 se deu continuidade realizando o TERRABRASIL 2008 – II Congresso Brasileiro de Arquitetura e Construção com Terra, em São Luís – MA, cidade histórica, conhecida também por seu significativo patrimônio histórico, sua beleza e hospitalidade. A ampla adesão de distintas instituições na organização e apoio ao evento garantiu o sucesso do evento.

Em 2010 aconteceu na encantadora cidade de Campo Grande – MS, o TERRABRASIL 2010 – III Congresso Brasileiro de Arquitetura e Construção com Terra. Cidade planejada em meio a uma vasta área verde, com ruas e avenidas largas, muito moderna e que ao mesmo tempo mantém forte relação com a cultura indígena e suas raízes históricas, conhecida como Cidade Morena por causa da cor de sua terra (roxa ou vermelha). O evento teve a presença marcante de vários pesquisadores nacionais e internacionais, consolidando-o como um grande congresso nacional sobre o tema.

Em agosto de 2012 (de 7 a 10 de agosto) chega a vez de Fortaleza – Ceará sediar o TERRABRASIL 2012. Espera-se repetir o sucesso das edições passadas de maneira a fortalecer a difusão da construção de edificações utilizando terra como principal material de construção. Esta edição inova unindo a tradição popular com os conhecimentos técnicos gerados na academia.

O Congresso busca reunir profissionais, pesquisadores, estudantes e interessados na arquitetura e construção em terra sendo aberta a participação de todos interessados no tema, independente de sua área de conhecimento. São objetos do congresso 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, pedagogia, engenharia e arquitetura, como abordagens que busquem tratar o tema de forma multidisciplinar, interdisciplinar ou transdisciplinar.

A qualidade dos artigos apresentados nas edições do TERRABRASIL tem se tornado uma importante fonte de informação, com matérias atuais, desenvolvidas por especialistas e profissionais com ampla investigação e projetos, na área da arquitetura e construção com terra.

Coordenação Geral

PROGRAMA

Data	Horário	Atividade
7 de agosto	9:00 – 17:00	Oficinas
8 de agosto	8:00 – 17:00	Oficinas
	8:30 – 9:00	Solenidade de abertura
		Sessão especial: A arquitetura e construção com terra no mundo – Célia Neves Identificação de lacunas de pesquisa sobre arquitetura e construção com terra, a partir da produção científica dos eventos TerraBrasil 2006 a 2010 Andrea Naguissa e Rafael Maia Terrabrasil: uma rede? De que tipo? Como melhorá- la? Marco Antônio Penido de Rezende e Célia Neves
9 de agosto	9:00 – 10:30	
	11:00 – 12:30	Sessões técnicas
	14:00 – 18:00	Sessões técnicas
	9:00 – 12:30	Sessões técnicas
10 de agosto	14:30 – 17:00	Sessões técnicas
	17:00 – 18:00	Avaliação do evento e encerramento

	Oficinas	Instrutores
T	Caracterização e seleção de solos	Obede Borges Faria
1	Adobe	Raymundo Rodrigues
2	BTC	Célia Neves
3	Taipa de pilão	Márcio V. Hoffmann
4	Técnica Mista	Lucia Garzón
5	Revestimento	Thiago Lopes Ferreira e AnaísGueguen
6	Pintura com terra	Fernando Cardoso

Resumo das oficinas

Caracterização e seleção de solos

Colocar os participantes em contato com a terra para compreender as propriedades desse material, diferenças de seu comportamento e técnicas de construção mais adequadas para os diferentes tipos de terra.

Adobe

Transmitir conhecimentos sobre a fabricação de adobe, iniciando-se pelo manejo da terra no estado plástico até a produção dos elementos construtivos, bem como a sua utilização na construção da alvenaria. O adobe corresponde ao bloco de terra moldada em estado plástico seco em ambiente natural.

BTC (bloco de terra comprimida)

Transmitir conhecimentos sobre a fabricação de BTC, iniciando-se pela escolha da terra apropriada até a produção dos elementos construtivos, bem como a sua utilização na construção da alvenaria. O BTC é produzido com um equipamento próprio, que promove a prensagem da terra estabilizada em molde, seguida de desmolde imediato.

Taipa de pilão

Através da construção de parede, apresenta a técnica que consiste na compactação da terra na umidade ótima, em camadas sucessivas, verticalmente, com o auxílio de moldes e guias.

Técnica mista (taipa de mão, pau a pique)

Transmitir conhecimentos sobre tipos de materiais e de fabricação de estrutura portante de madeira, cipó, bambu ou varas, e do entramado, bem como a preparação da mistura de terra (barro) e sua aplicação no preenchimento do entramado.

Revestimento

Transmitir conhecimentos sobre a composição, preparação e aplicação de revestimentos de terra em parede.

Pintura com terra

Transmitir conhecimentos sobre o processo de preparação de pigmentos extraídos de solos, produção de amostras de tintas e aplicação em superfícies de alvenaria.

Programação das oficinas

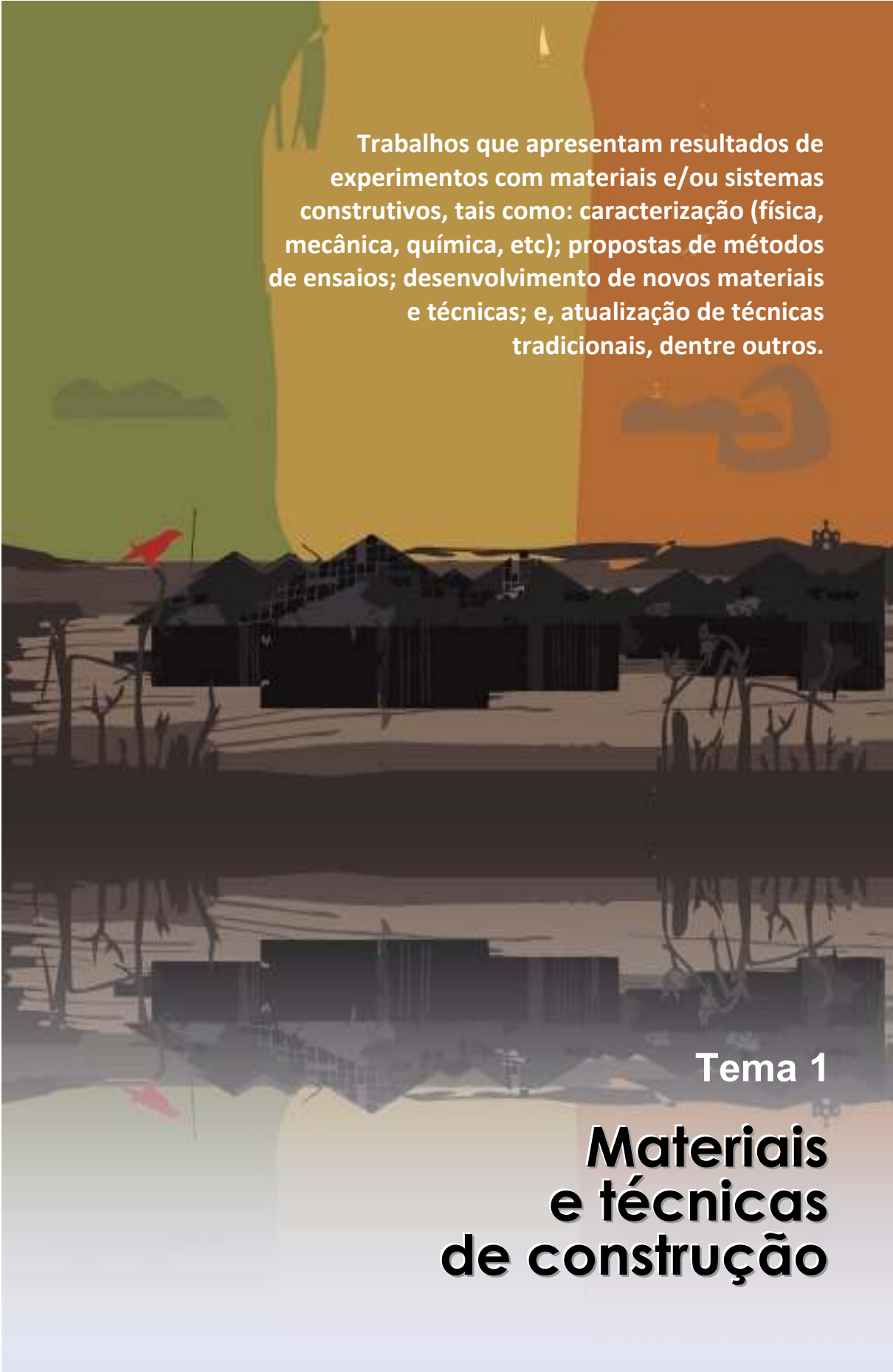
Coordenação: **Rafael Torres Maia**

Máximo de 20 participantes por turma.

7 de agosto						
9:00-10:00	Inscrições					
10:00-12:00	Apresentação das oficinas (15 a 20 minutos para cada ministrante de oficina)					
12:00-14:00	Intervalo para almoço					
14:00-17:00	SOLOS para 1 e 2	3A	4A	5A	6B	

8 de agosto						
9:00-10:00	SOLOS para 3 e 4	1A	2A	6A		
12:00-14:00	Intervalo para almoço					
14:00-17:00	SOLOS para 5 e 6	1B	2B	3B	4B	5B

Cada participante das oficinas assiste a Oficina de Solos (caracterização e seleção de solos) e escolhe mais duas oficinas entre as seis relacionadas.



Trabalhos que apresentam resultados de experimentos com materiais e/ou sistemas construtivos, tais como: caracterização (física, mecânica, química, etc); propostas de métodos de ensaios; desenvolvimento de novos materiais e técnicas; e, atualização de técnicas tradicionais, dentre outros.

Tema 1

Materiais e técnicas de construção



CARACTERIZAÇÃO DE SOLO DE LAVRAS-MG PARA PRODUÇÃO DE ADOBE

Corrêa, Andréa A. R.¹; Mendes, Lourival M.²; Tonoli, Gustavo H. D.³

(1) Doutoranda – Ciências Florestais UFLA, Campus Universitário CP3037 35 3829 1436 deiacor@uaigiga.com.br

(2) Prof. Adjunto - Ciências Florestais UFLA, Campus Universitário CP 3037 35 3829 1702/1701 lourival@dcf.ufla.br

(3) Prof. Adjunto - Ciências Florestais UFLA, Campus Universitário CP 3037 35 3829 5236 gustavotonoli@dcf.ufla.br

Palavras-chave: solo, caracterização física, caracterização química, adobe

Resumo

A "tecnologia do cimento" que possibilitou um vertiginoso progresso no segmento da construção mundial, desencadeou também uma série de danos ambientais. Em contrapartida, a terra, esquecida após a Revolução Industrial, torna-se excelente estratégia para diminuir o problema destacando-se entre os materiais de construção de mínimo impacto ambiental e máxima sustentabilidade. O solo, utilizado corretamente como matéria-prima, produz habitação de qualidade com economia e segurança. Para que isso ocorra, é fundamental o estudo das propriedades físicas e mineralógicas, visto que o "conhecimento popular" destas tecnologias é cada vez mais escasso. Unindo testes de campo e ensaios de laboratório, é possível definir a possibilidade ou não de seu aproveitamento para construção. Com este objetivo, foi coletada amostra no município de Lavras - MG no horizonte BC. A caracterização foi feita pelos testes de campo: identificação visual e tátil; contração linear; lavagem do solo; e determinação de umidade ideal para adobe, e ensaios de laboratório: difratometria de raios-X, análise granulométrica pelo método da pipeta, classificação textural pelo diagrama triangular de Atterberg e limites de consistência. Observou-se que esta amostragem tem alta porcentagem tanto de argila pouco expansiva (caulinita 1-1) como silte. O estudo concluiu que o solo analisado trata-se de Latossolo Vermelho cambissólico (LVc) com textura argilo-siltosa e tem possibilidades para ser utilizado na produção de adobes após a estabilização granulométrica com areia.

1. INTRODUÇÃO

Materiais que priorizam mínimo impacto ambiental e máxima sustentabilidade são o atual modelo do setor construtivo. Neste universo de novos materiais o solo é importante matéria prima. Utilizado desde o início da civilização, foi abandonado com a descoberta do cimento. Apesar do salto na indústria da construção, este produto é responsável por sérios danos ambientais. Existem no Brasil inúmeras construções com terra em perfeito estado de conservação, em contrapartida muitas em estado precário de habitação e segurança. Aliado a este cenário destaca-se o déficit habitacional, preenchido com lentidão com moradias inadequadas e insalubres. Neste contexto, pesquisadores aliam a "sabedoria popular" ao conhecimento científico que geram novos compósitos, nas mais diversas combinações para atingir o equilíbrio ambiental. A padronização é o primeiro passo para a revitalização e divulgação de construções com terra que são garantidas pela história, mas não têm certificação devido à carência de normas técnicas. A Norma Técnica de Edificações NTE E.080-Adobe (2000), integra o regulamento nacional de construções do Peru e considera em seus parâmetros a resistência sísmica do adobe. A primeira proposta normativa brasileira para adobe foi iniciativa dos pesquisadores Barbosa et al (2005). A divulgação e discussão deste trabalho é fundamental porque com a criação da norma brasileira conquista-se garantia técnica e legal, e abrem-se as portas para aprovação de projetos de moradia em financiamentos governamentais entre outros. Na utilização eficiente do solo é fundamental que este seja analisado quanto às propriedades físicas e mineralógicas definindo-se assim sua viabilidade ou não para a construção. O adobe aparentemente de simples execução requer alguns cuidados que contribuem para melhorar sua qualidade, desde a caracterização da matéria prima até sua produção. Portanto, a pesquisa utilizou

metodologia com base científica e testes de campo com fundamentação teórica, que definem a viabilidade ou não da amostra de solo do município de Lavras-MG para a produção de adobe.

2. OBJETIVO

Divulgação de metodologia de laboratório e campo para caracterização do solo quanto às propriedades físicas e mineralógicas na produção de adobes.

3. METODOLOGIA

A amostra de solo foi coletada no município de Lavras que se localiza na região centro-sul de Minas Gerais a uma latitude 21° 45' S e longitude 45° 00'W, com altitude média de 918 metros e precipitação anual de 1493 mm. As análises foram realizadas nos laboratórios de Física do Solo, Mineralogia do Solo (DCS) e Mecânica do Solo (DEG) da UFLA – Universidade Federal de Lavras. Os testes de campo foram feitos na Unidade Experimental de Produção de Painéis de Madeira (UEPAM) da UFLA. A amostragem inicial foi de 30 kg, retirada em diversos pontos do local escolhido, no horizonte BC – profundidade média de 1,20 metros, livre de matéria orgânica. Após serem reservados alguns torrões, a amostra passou pela peneira nº 4 (abertura de 4,75 mm), foi destorroada, homogeneizada e seca ao ar. Os ensaios executados são descritos na tabela 1.

Tabela 1. Ensaios de laboratório e campo para caracterização do solo

ENSAIOS DE LABORATÓRIO	TESTES DE CAMPO	FINALIDADE
Método da estufa a 105 ^o C		umidade
Embrapa (1997)		densidade de partículas
Embrapa (1997)		densidade do solo
	Enteich (1963), Neves et al (2005)	identificação visual e tátil
Day (1965)	identif. visual e tátil (Pacheco; Dias,1990)	análise textural (método da pipeta)
Embrapa (1997)	diagrama triangular de Atterberg	classificação do solo
	lavagem do solo (Milanez,1958)	porcentagem de areia
Difratometria de raios-X		argilo-mineral
	teste de contração linear (Ruiz; Luna,1983)	contração linear
Caputo (1978)		consistência do solo (LL e LP)
Dias Jr. e Miranda (1998)		limite de contração (LC)
Limite de liquidez	(Ruiz; Luna,1983)	umidade ideal

Alguns esclarecimentos sobre a metodologia adotada são importantes. A análise textural pelo método da pipeta (Day,1965) é usada universalmente devido à sua precisão, apesar de ser trabalhosa. Este ensaio é proposto pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, coordenado pela Embrapa Solos para publicações científicas em Ciências Agrárias (Embrapa, 1997). A metodologia corresponde a da NBR7181/84 e consiste de dois procedimentos distintos: a tamisação para separar as partículas maiores retidas na peneira nº 270 com abertura de 0,053 mm (areias e pedregulhos) e sedimentação para as partículas finas que passam nesta mesma peneira (silte e argila). Na tamisação as partículas retidas são lavadas e secas em estufa. A areia total então é fracionada em conjunto de peneiras na ordem 1,0 mm, 0,5 mm, 0,2 mm e 0,1 mm expressando-se a massa retida em porcentagem. Na sedimentação o processo é relacionado à velocidade de queda das partículas finas do solo. A temperatura do material de solo em suspensão foi de 22°C que determinou um período de aproximadamente 3:40h para que 10 ml da solução fosse pipetada (corresponde à fração argila). Em seguida foi levada à estufa para determinar a massa seca e a porcentagem. O silte foi calculado por diferença. A figura 1 ilustra as principais fases do ensaio



Figura 1. Agitação, sedimentação, argila seca em estufa, areia retida na peneira e transferida

O método de lavagem de solo (Milanez,1958) citado por Pacheco (1990) foi o teste de campo escolhido para determinar a porcentagem de areia. Como o próprio nome indica o procedimento deste teste é lavar o solo até que todas as partículas finas sejam extraídas restando apenas a porcentagem de areia da amostra. Como se pode observar na figura 2, as etapas são as seguintes:

- Colocar 6 cm a 8 cm de terra peneirada em vidro cilíndrico transparente com tampa, de boca larga com aproximadamente 15 cm de altura;
- após a terra colocada e nivelada medir com régua a altura correspondente;
- colocar água até encher $\frac{3}{4}$ do volume do vidro, e agita-se fortemente;
- após 2 a 3 minutos em repouso, a areia deposita-se no fundo do vidro e a água turva que contem partículas finas é derramada;
- o processo é repetido até que a água fique transparente;
- fazer a medida da nova altura que agora contem apenas areia;
- e calcular então a proporção entre a medida da areia e a medida inicial, encontrando-se a porcentagem de areia no solo como apresentado na equação (1).

$$\frac{h_{areia}}{h_{solo}} \times 100 = \% \text{ de areia no solo} \quad (1)$$



Figura 2. O solo seco e lavagens sequentes até a transparência da água

É importante determinar o argilo-mineral componente da amostra de solo antes da produção do adobe porque este parâmetro define a possibilidade ou não de sua utilização. O componente mineral da argila determina o grau de expansão da mesma que acarretará maior ou menor contração. Segundo Resende et al.(1985), o ensaio de difratometria de raios-X (DRX) é o mais preciso para determinar os componentes minerais (cristais) da argila. A técnica consiste na incidência da radiação em uma amostra e na detecção do feixe difratado. Ocorre um fenômeno de interação entre o feixe de raios-X incidente e os elétrons dos átomos componentes da amostra. Neste ensaio é feita a identificação e caracterização dos compostos cristalinos do solo, de acordo com a periodicidade da distribuição atômica na rede cristalina- Lei de Bragg, considerando tamanho, grau e substituintes isomorfos. Os cristais crescem na direção das ligações químicas mais fortes (espectros característicos) e

diminuem quando ocorre o contrário (espectros contínuos). Para preparar a fração argila na amostra de solo é diluída em água destilada, e agita-se o material que fica em repouso por 12 horas no mínimo. O material em suspensão (argila) é pipetado e transferido para outro recipiente onde é adicionado o floculante $MgCl_2$. A argila decanta e o líquido é pipetado do recipiente. Coloca-se então a argila na lâmina para secagem e posteriormente é colocada no difratômetro como pode ser observado na figura 3.



Figura 3. Separação e secagem da fração argila e imagem do difratômetro (Meneses, UFS)

O movimento giratório determina que os feixes de raios x incidam na amostra em diferentes ângulos de difração provocando espalhamento. Com um detetor de raios x posicionado adequadamente é produzido o gráfico denominado difratograma ou perfil de difração. No gráfico são relacionados a intensidade da radiação medida pelo detector com o ângulo de espalhamento 2θ (equação de Bragg (2)).

$$n\lambda = 2d \operatorname{sen}\theta \quad (2)$$

onde: n - número inteiro referente à ordem de difração
 λ - comprimento do raio X
d - distância entre planos atômicos
 θ - ângulo de Bragg

Quando não é possível utilizar a DRX, o ensaio de contração linear proposto por Ruiz e Luna (1983) é uma importante ferramenta. Este demonstra visualmente a variação no tamanho da amostra e outras características, como a presença de fissuras ou trincas, decorrentes da perda de umidade no processo de cura. Para este teste os procedimentos são os seguintes:

- Confeccionar caixa de madeira com fundo e 5 subdivisões - amostra mais 4 repetições, com 2 cm x 2 cm x 10 cm de dimensões untada com óleo queimado;
- a umidade equivalente ao limite de liquidez e mesmo peso para cada repetição;
- preencher a caixa iniciando pelos cantos e depois no interior pressionando com os dedos para ficar bem adensado;
- colocar à sombra até a secagem completa;
- após o período de secagem medir a contração e o número de trincas e/ou fissuras que surgirem no sentido longitudinal e observar a contração e número de trincas.

Para determinar o limite de contração do solo a metodologia foi modificada segundo Dias Jr. e Miranda (1998). No ensaio é feita a substituição do mercúrio pela parafina, devido à toxicidade deste elemento químico. A umidade ideal para a produção de adobe varia com a classificação do solo. Solos argilosos necessitam de mais água enquanto que os arenosos atingem a umidade ideal com menor quantidade. Este teor está entre o limite de plasticidade e o limite de liquidez considerado estado plástico (Neves et al, 2005). “Adobeiros” práticos intuem esta quantidade. O teste de campo proposto por Ruiz e Luna (1983) para determinar este parâmetro segue os seguintes critérios:

- Adicionar água ao material de solo como um líquido (limite de liquidez);
- colocar a amostra de solo úmido em recipiente cilíndrico;
- sustentar uma barra de ferro (\varnothing 10mm, comprimento 50 cm e marcação de 2 cm na extremidade), com uma das mãos e guia a mesma com a outra sobre a superfície do material de solo;
- observar se a penetração da barra no material de solo atinge 2cm de profundidade, se isso ocorrer essa é a umidade ideal para o adobe.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados apresentados demonstram a importância do estudo científico do solo para sua utilização em construções com terra crua. A composição granulométrica ideal para o adobe, por exemplo, varia com as características do solo, principalmente em relação às partículas finas. Na tabela 2 são relacionados diversos pesquisadores e as respectivas sugestões.

Tabela 2. Composição granulométrica sugerida por pesquisadores

Referência	COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA		
	argila** (%)	silte (%)	areia (%)
Martinez (1979)	20	25 a 40	40 a 55
Alves (1985)	< 20		> 45
Ruiz; Luna (1983)	20	40	40
NTE E.080 (2000)*	10 a 20	15 a 25	55 a 70*
CRATerre*	15 a 35	10 a 45	45 a 75

* para solos estabilizados com aglomerante

** mínimo de 15%

4.1. Identificação visual e tátil do solo

Os testes de campo descritos a seguir foram selecionados por apresentarem resultados bem próximos aos ensaios de laboratório. Procedimentos simples e de fácil execução, devem ter observação criteriosa e anotações claras e objetivas. O uso de ferramentas, recipientes e materiais de fácil aquisição supre a dificuldade de acesso aos centros de pesquisa, que nem sempre estão disponíveis e próximos aos locais de interesse para análise e caracterização do solo. A prática é fundamental para que as conclusões sejam mais próximas da classificação correta. Foram feitas anotações em planilha específica que, a partir das observações descritas, inferem sobre a textura da amostra: presença de argila; silte; e areia. Na figura 4 observa-se a tonalidade rósea do solo, sendo este mais um indicativo da presença de silte. Os resultados estão descritos na tabela 3 e sugerem que no solo predominam o silte e a argila.



Figura 4. Torrões de solo, sujar as mãos, desagregação do solo submerso e brilho

Tabela 3. Testes de campo – identificação preliminar

TESTES	RESULTADOS		CONCLUSÃO PARCIAL
	Amostra seca	Amostra úmida	
Dureza	resistente	-	argila
Cor	róseo	vermelho	silte/argila
Odor	sem cheiro	sem cheiro	inorgânico
Identificação visual e tátil	pouco áspero textura fina “talco”	escorregadio “sabão”	argila silte
Sujar as mãos	-	parte sai com facilidade e restante com leve fricção	silte
Mobilidade água intersticial	-	absorção de água mediana	silte/argila
Desagregação do solo submerso	-	média	argila
Brilho	opaco	semi-brilhante	silte/argila
Queda da bola	-	coesa	argila
Conclusão			silte e argila

4.2. Análise granulométrica

A densidade do solo, densidade das partículas e volume total de poros foram respectivamente: $D_s=1,42 \text{ kg/dm}^3$, $D_p=2,62 \text{ kg/dm}^3$ e $VTP=45,8\%$. O resultado do método de lavagem de solo ficou bem próximo ao encontrado pelo método da pipeta como pode ser observado na tabela 4.

Tabela 4. Resultados do teste de lavagem do solo e do método da pipeta

	Lavagem do solo			Método da Pipeta		
	Areia	Argila	Silte	Areia fina	Areia média	Areia grossa
Partículas						
Quantidade (%)	14	40,0	45,0	11,7	2,1	1,2

4.3. Limites de consistência e umidade ideal

O teor de umidade ideal depende da composição granulométrica do solo e das propriedades mineralógicas da argila. A quantidade de água em excesso causa deformação quando o molde é retirado e reduz a resistência mecânica. A mistura mais seca dificulta o manuseio e não preenche a forma adequadamente. Solos argilosos apresentam resultados próximos ao LL – limite de liquidez – e solos arenosos próximos ao LP – limite de plasticidade. Os resultados são apresentados na tabela 5. A umidade ideal (Ruiz; Luna, 1983) ficou próxima do LL. De acordo com a classificação Jenkins, a amostra é medianamente plástica.

Tabela 5: Resultados de limites de consistência e umidade ideal

Limites de Consistência (%)				Umidade ideal (%) (Ruiz; Luna, 1983)
LL	LP	LC	IP	
	42,58	26,64	14,18	66,40

A tabela 6 apresenta os limites de consistência da amostra estudada constantes na tabela 5 e os limites indicados por Mitchell (1976), o que comprova a presença de caulinita no solo.

Tabela 6. Limites de consistência do solo e presença de argilo-minerais em função dos limites de consistência

Amostra de solo	LL (%)	LP (%)	LC (%)
		56,76	42,58
Limites de consistência de argilo-minerais (Mitchell, 1976)			
Montimorilonita	100-900	50-100	8,5-11
Ilita	60-120	35-60	15-17
Caulinita	30-110	25-40	25-29

4.4. Difratometria do raio-X (DRX)

No difratograma da figura 5 são apresentados os resultados da DRX para a amostra de argila. Observa-se a representação da estrutura cristalina da amostra de argila com os picos e distâncias interatômicas. A distância d é calculada na fórmula de Bragg com os dados dos ângulos 2θ apresentados no difratograma. Com o resultado é consultada a tabela (Brindley; Brown, 1980) onde se determina a presença da caulinita. Esta possui ligações fortes impedindo assim a adsorção de água. Esta característica determina expansão pouco significativa (1-1). Esta característica é favorável para a produção de adobe.

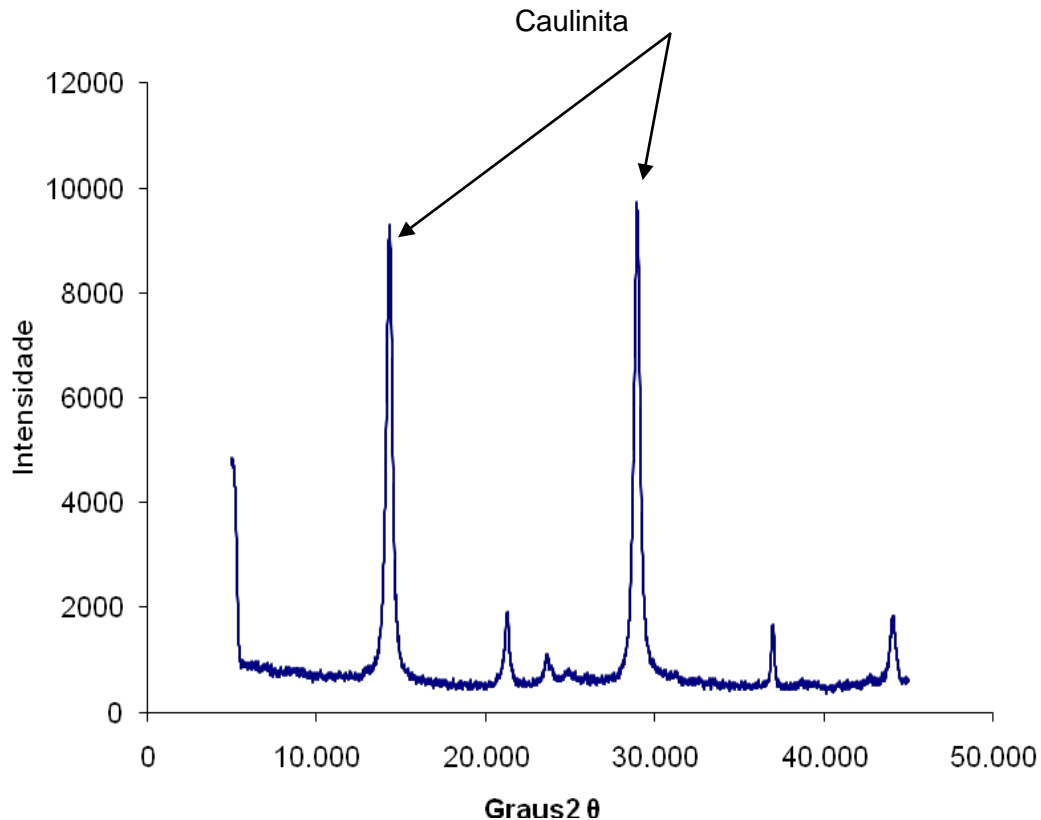


Figura 5. Difrátograma da amostra de argila

4.5. Contração linear

Na figura 6 mostra o resultado do teste de contração da amostra do solo, com 4 repetições, seguindo os critérios abordados no item anterior. A medição de contração e observação da amostra foi feita após 7 dias. Após este período não houve alteração no resultado. Não apresentou fissuras e a contração foi de 7 mm em 10 cm, o que corresponde a 7%. Este resultado foi favorável, considerando a composição granulométrica do solo. Como a indicação de solo para adobe é arenoso, e a grande quantidade de argila e silte dificultam a mistura e colocação do material nas formas, optou-se pela estabilização granulométrica com areia.



Figura 6. Contração linear (Ruiz; Luna,1983)

4.6. Classificação do solo

A classificação do solo determinou que trata-se de Latossolo Vermelho cambissólico (LVc) textura argilo siltosa de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos coordenado pela EMBRAPA SOLOS.

4.7. Estabilização granulométrica

Após a caracterização do solo foi feita correção granulométrica com areia fina em peso seco para sua estabilização. A quantidade de areia foi determinada por cálculo matemático: para cada quilo de solo seco natural foram acrescentadas 412 gramas de areia fina. Esta correção equivale as seguintes porcentagens finais: 23% de argila, 27% de silte e 50% de areia.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A metodologia proposta foi eficiente para a caracterização do solo. Diante dos resultados, o solo em estudo pode ser matéria-prima para o adobe, desde que seja feita estabilização granulométrica com areia.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barbosa, N. P.; Ghavami, K.; Gonçalves, J. S. (2005). Proposta de Norma Brasileira de Adobe. Lima. In: *SismoAdobe 2005. Anais*. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Brindley, G. W.; Brown, G. (1980). *Crystal structures of clay minerals and their X-ray identification*. London: Mineralogical Society. 495p.
- Caputo, H. P. (1978). *Mecânica dos solos e suas aplicações*. V.1. 3ed. Rio de Janeiro. Livros técnicos e científicos. 242p.
- Corrêa, A. A. R.; Teixeira, V.H.; Lopes, S. P.; Oliveira, M. S. (2006). Avaliação das propriedades físicas e mecânicas do adobe (tijolo de terra crua). In: *Ciência e Agrotecnologia V.3 no. 3*. Lavras: Editora UFLA p.503-515.
- Day, P. R. (1965). Particle fractionation and particle size analysis. In: Black, C.A. ed. *Methods of soils analysis; physical and mineralogical properties including statistics of measurement and sampling*. Madison, American society of agronomy. p.546-67.
- Dias Jr., M. S.; Miranda, E. E. V. (1998). Metodologia para determinação do limite de contração modificada. In: *Ciência e Agrotecnologia V.22 no. 3*. Lavras: Editora UFLA p.503-515.

- Embrapa.(1997). *Manual de métodos de análise de solo*. 2ed. 212p.
- Enteich, G.; Augusto, A. (1963). Suelo-cimento su aplicación en la edificación. Bogotá *In: Centro Interamericano de Vivienda y Planeamiento*. p. 99.
- Mitchell, J. K. (1976). *Fundamentals of soil behavior*. New York: John Wiley & Song Inc.
- Milanez, A. (1958). *Casa de terra: as técnicas de estabilização do solo a serviço do homem do campo*. Santa Catarina, SESP. 122p.
- Neves, C. M. M.; Faria, O. F.; Rotandaro, R.; Cevallos, P.; Hoffmann, M. V. (2005). *Seleção de solos e métodos de controle em construção com terra – Práticas de Campo*. CYTED/HABITED/PROTERRA
- NTE E.080 – Norma Técnica de Edificación (2000). *Reglamento nacional de construcciones*. Lima. Peru. 17p.
- Pacheco, A. A. R. C.; Dias Jr., M. S. (1990). *Estudo comparativo de métodos de campo e laboratório aplicados à confecção de blocos em adobe*. Editora UFLA. Ciência e Prática V14 no. 2 p.176-190.
- Resende, M.; Curi,N.; Ker, J. C; Rezende, S. B. (2005). *Mineralogia de solos brasileiros: interpretação e aplicações*. Lavras: Editora UFLA. 192p.
- Ruiz, L. E. H.; Luna, J. A. M. (1983). *Cartilla de pruebas de campo para selección de tierras en la fabricación de adobes*. Conescal, México.72p.

AUTORES

Andréa Ap. Ribeiro Corrêa é Eng. Civil (PUC-MINAS,1982), especialista CNPq – Aperfeiçoamento B (UFLA,1987-90), Mestre em Construções Rurais e Ambiente (UFLA,2003), Prof. “Lato Sensu” (GTC-UFLA/FAEPE,2002/09), Prof. Substituta (DEG-UFLA,2011) e Doutoranda bolsista CAPES em C&TM (UFLA,2009/12). Tem experiência em Materiais e Técnicas Não-convencionais com ênfase em: construção com terra crua em adobe, resíduos lignocelulósicos e painéis em geral.

Lourival Marin Mendes é Eng. Florestal (UFLA,1990), Mestre em Ciência Florestal (UFV,1993), Doutor em Engenharia Florestal (UFP,2001) e 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.

Gustavo Henrique Denzin Tonoli é Eng. Florestal (UFLA, 2003), Mestre em Zootecnia (USP, 2006), Doutor em Ciência e Engenharia de Materiais (USP, 2010) e atualmente Prof. Adjunto no DCF- UFLA. Tem experiência em Ciência e Tecnologia da Madeira, com ênfase em materiais reforçados com fibras, atuando nos seguintes temas: fibras e polpas celulósicas, compósitos e nanocompósitos lignocelulósicos, fibrocimento, materiais não-convencionais e sustentabilidade.



DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA DE COMPÓSITOS SOLO-CIMENTO AUTOADENSÁVEIS

Martins, Adriana Paiva de Souza¹; Silva, Flávio de Andrade²; Toledo Filho, Romildo Dias³

¹Doutoranda – Programa de Engenharia Civil (PEC), COPPE, UFRJ – adrianapmartins@globo.com

²Professor colaborador - Programa de Engenharia Civil (PEC), COPPE, UFRJ - fsilva@coc.ufrj.br

³Professor Adjunto – Programa de Engenharia Civil (PEC), COPPE, UFRJ – toledo@coc.ufrj.br

Palavras-chave: solo-cimento, materiais compósitos, resistência compressão

Resumo

O cimento Portland, constituinte básico do concreto, é produto de uma indústria com elevada demanda de energia, geradora de emissões significativas de CO₂ e extratora de grandes quantidades de recursos minerais não renováveis. Como consequência, universidades e centros de pesquisa têm se dedicado, nos últimos anos, à busca de materiais alternativos ao concreto, para aplicações que não necessitem de performance estrutural elevada. A terra crua estabilizada com cimento e reforçada com fibras se apresenta como uma alternativa vantajosa pela disponibilidade e baixo custo de matéria prima, baixo consumo energético e necessidade de mão de obra não especializada. O objetivo dessa pesquisa é o desenvolvimento e caracterização de um compósito solo-cimento de consistência fluida incorporando adições minerais, fibras naturais (sisal) e aditivos superplastificantes. O solo escolhido foi um solo residual (saibro) proveniente da decomposição de rochas graníticas e gnáissicas. Para a dosagem da matriz utilizou-se o método do empacotamento compressível, o qual permite otimizar a mistura granular seca visando obter a máxima compacidade possível e alcançar as propriedades desejadas no estado fresco e no estado endurecido. A partir da mistura de referência dosada pelo método foram executadas variações na composição do solo, através da diluição da fração argila com adição de areia lavada, visando estudar a influência da composição do solo nas propriedades reológicas e na resistência à compressão da matriz. Ensaio reológicos mostraram que o aumento da fração areia tornou a matriz mais fluida, reduzindo o consumo de superplastificante. Resultados de ensaios de compressão nas idades de 3, 7 e 28 dias mostraram que a resistência à compressão da matriz diminuiu com o aumento da fração areia, em relação à mistura de referência. A partir de uma matriz de elevado desempenho mecânico e reologia adequada à incorporação de fibras estudou-se o comportamento mecânico de sistemas compósitos solo-cimento-sisal. Para isso foram realizados ensaios de tração direta e compressão uniaxial em compósitos reforçados com fibras de sisal de 20 mm e teores em relação à massa de solo seco de 0,5%, 1,0% e 1,5%

1 - INTRODUÇÃO

O uso do solo-cimento remonta ao ano de 1930, quando a Portland Cement Association (PCA) desenvolveu uma série de pesquisas relacionadas com esse material para construção de estradas. Alguns pesquisadores da PCA, dentre eles Catton (1959) e Merrill (1949) vislumbraram a possibilidade de uso do material também para construção de casas. Devido aos bons resultados obtidos em grande número de obras executadas, o interesse pelo material expandiu-se por todo o mundo. A Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) manteve-se atualizada em relação a esse novo material, fomentando pesquisas e regulamentando sua utilização para alguns tipos de aplicação. Em 1941 publicou um método de dosagem semelhante aos adotados pela American Society for Testing Materials (ASTM) e a American Association of State Highway and Transportation Officials (ASSHO).

O Hospital Adriano Jorge, em Manaus, concluído em 1950, com área de 10.800 m², é um bom exemplo de aplicação do solo-cimento, inclusive em fundações (Thomaz, 1984). Em inspeção realizada pela ABCP em 1976, verificou-se a integridade do sistema construtivo, com desempenho excepcional ao longo dos anos (Thomaz, 1976).

A partir de 1970 ampliaram-se as pesquisas no Brasil sobre o uso do solo-cimento em edificações, destacando-se instituições de pesquisa tais como o Centro de Pesquisas e Desenvolvimento da Universidade do Estado da Bahia CEPED/UNEB, que investigou o emprego de solo-cimento para fundações e paredes monolíticas, e o Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (IPT), que estudou a fabricação de tijolos maciços e blocos vazados de solo-cimento.

Dentre as organizações internacionais, ressalta-se a Rede Ibero-Americana PROTERRA, criada em 2006, com mais de 100 membros (Portugal, Espanha, países da América Central e do Sul), voltada para o intercâmbio de informações, elaboração de normas, publicações técnicas, apoio a projetos de pesquisa e ampliação do conhecimento relativo à construção com terra.

O uso de solo-cimento plástico é mais recente. Nos anos 70 foi desenvolvida nos Estados Unidos uma mistura fluida com baixo consumo de cimento e alto consumo de cinza volante, como alternativa em relação a soluções convencionais para execução de aterros compactados. A economia obtida com esse material foi surpreendente. Outro aspecto importante é que o material mantinha sua coesão durante as operações de colocação, inclusive em lançamentos submersos. A partir daí o uso de misturas fluidas com baixo consumo de cimento e com agregado constituído por solo e/ou resíduos industriais (cinza volante, escória, areia de fundição) foi se difundindo nos Estados Unidos e Canadá, para aplicações em obras de infraestrutura, como material de preenchimento. Em 1994, o Comitê 229 do American Concrete Institute (ACI) regulamentou o uso desse novo material.

No Brasil, o solo-cimento plástico tem sido usado em aplicações variadas. Segantini (2000) estudou a utilização desse material em estacas escavadas com trado mecânico em Ilha Solteira, SP. Silva (1994) investigou a interação solo-estrutura de fundação em estacas de solo-cimento plástico. Silva (1992) usou o solo-cimento plástico para revestimento de canais de irrigação para transporte de vinhaça. Pitta (1980) faz indicações gerais de dosagem de solo-cimento plástico para recuperação de pavimentos rígidos, através de injeção de “mud-jack”.

Praticamente não existem pesquisas de solo-cimento plástico direcionadas para obtenção de elementos construtivos do tipo painéis monolíticos. Os avanços na área de painéis monolíticos ocorreram apenas com solo-cimento compactado. Na Austrália, existem empresas privadas que pré-fabricam painéis monolíticos de terra compactada e montam esses painéis no canteiro de obras, incorporando técnicas e equipamentos modernos no processo produtivo.

Essa pesquisa tem como objetivo principal contribuir para a ampliação do conhecimento do solo-cimento plástico, através do desenvolvimento de um compósito de solo-cimento autoadensável com fibras naturais, assim como sua caracterização em relação à reologia, à compressão uniaxial e à tração. O referido compósito deverá apresentar características mecânicas e de durabilidade que permitam posteriormente seu uso em painéis monolíticos de alvenaria de vedação.

2 – PROGRAMA EXPERIMENTAL

2.1 – Materiais e dosagem científica

O solo usado foi inicialmente seco ao ar, destorroado e passado na peneira de abertura de 4,75 mm. De acordo com a NBR 6502:1995, o solo é constituído por 9% de argila, 26% de silte, 62% de areia e 3% de pedregulho, sendo classificado como “areia argilosa” segundo o Sistema Unificado e “A2-6” segundo o sistema HRB (Highway Research Board). Os limites de consistência obtidos conforme a NBR 6459:1984 e a NBR 7180:1984 versão corrigida:1988 foram: limite de liquidez de 34,0% e limite de plasticidade de 16,4%. A metacaulinita foi fornecida pela Metacaulim do Brasil, a cinza volante pela Pozofly Comércio de Cinzas Lima Ltda. O superplastificante, à base de éter policarboxílico, é fabricado pela

Basf (Glênium 51). O cimento utilizado foi o CP II-F-32, fabricado pela Lafarge, com 85-91% de clínquer, 3-5% de gesso e 6-10% de fíler. Na Figura 1 são apresentadas as curvas granulométricas dos materiais.

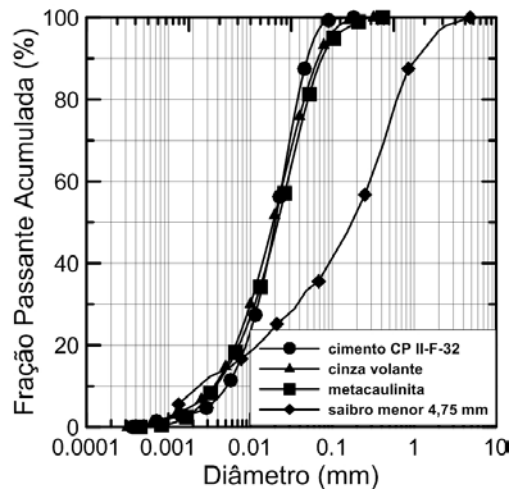


Figura 1 – Curvas granulométricas do cimento, cinza, metacaulinita e saibro

A cinza volante apresenta baixo teor de cálcio (1,81%). Esse tipo de cinza, por conter pequenas quantidades de minerais não cristalinos, é pouco reativa. Entretanto sua granulometria, textura vítrea e forma esférica contribuem para reduzir a quantidade de água necessária para uma dada consistência, melhorando a trabalhabilidade e a coesão da mistura no estado fresco.

A incorporação de metacaulinita teve como objetivo promover o refinamento do tamanho dos poros e dos grãos, contribuindo para uma microestrutura mais compacta, com melhor desempenho na zona de transição pasta-agregado.

As fibras de sisal incorporadas às matrizes têm resistência à tração de 392 ± 105 MPa, módulo de elasticidade de $10,4 \pm 3,0$ GPa, deformação na ruptura de $3,8 \pm 1,1\%$ e área da seção transversal de $0,050 \pm 0,020$ mm² (Silva et al., 2008).

A dosagem da mistura solo-cimento foi feita utilizando-se o programa BétonlabPro 3, desenvolvido pelo “Laboratoire Central des Ponts et Chaussées” (LCPC – França) e baseado no modelo do empacotamento compressível (MEC). O referido modelo otimiza a mistura granular seca e conduz a um método de dosagem moderno, consistente e científico, que leva em consideração os efeitos das adições minerais e dos aditivos químicos, assim como a compatibilidade entre o cimento e o superplastificante.

As misturas solo-cimento podem ser vistas como sistemas compósitos nos quais os agregados estão embebidos em uma matriz ligante (pasta). Esses sistemas terão menor porosidade quando o empacotamento dos grãos for o melhor possível, conduzindo a dosagens com menor consumo de pasta e de ligante.

O MEC compreende dois módulos: o primeiro fornece a compacidade virtual da mistura granular (γ) (equações 1 e 2) e o segundo conduz à compacidade real (ϕ) (equação 3). As definições de compacidade virtual e real podem ser encontradas em de Larrard (1999).

$$\gamma^{(i)} = \frac{\beta_i}{1 - \sum_{j=1}^{i-1} y_j \left(1 - \beta_i + b_{i,j} \beta_i \left(1 - \frac{1}{\beta_j} \right) \right) - \sum_{j=i+1}^n y_j \left(1 - a_{i,j} \frac{\beta_i}{\beta_j} \right)} \quad (1)$$

Onde:

$\gamma^{(i)}$ é a compacidade virtual de uma mistura granular com n classes de grãos, ordenados de forma que os diâmetros sejam $d_1 \geq d_2 \geq \dots \geq d_i \geq d_{i+1} \geq \dots \geq d_n$, quando a classe i^{th} é dominante. Para materiais com $\emptyset < 100 \mu\text{m}$ a classe é definida pela curva granulométrica, para materiais com $\emptyset > 100 \mu\text{m}$ a classe representa o material retido entre duas peneiras consecutivas no processo de peneiramento. Classe dominante é aquela que garante a continuidade sólida do corpo granular;

y_i é a fração volumétrica da classe i^{th} ;

β_i é a compacidade virtual da classe i^{th} ; representa o volume de grãos contido em um volume unitário, compactado com uma energia ideal que corresponderia ao máximo empacotamento virtual;

a_{ij} e b_{ij} representam os efeitos parede e afrouxamento, respectivamente, decorrentes da interação entre os grãos; podem ser determinados experimentalmente ou através de fórmulas (ver de Larrard, 1999);

A compacidade virtual da mistura pode ser obtida através da fórmula (2)

$$\gamma = \inf(\gamma^{(i)}) \quad (2)$$

Onde \inf indica o menor valor.

A compacidade virtual (γ) está relacionada com a compacidade real (ϕ) através de um escalar “ K ” (equação 3), que depende do procedimento usado para promover o empacotamento da mistura. Para materiais com dimensões menores que $100 \mu\text{m}$ o valor de “ K ” é igual a 6,7 e para materiais maiores que $100 \mu\text{m}$ o valor de “ K ” é igual a 9. A equação (3) é uma equação implícita em ϕ e permite a determinação da compacidade real a partir de outras variáveis conhecidas.

$$K = \sum_{i=1}^n \frac{y_i / \beta_i}{1/\phi - 1/\gamma^{(i)}} \quad (3)$$

Para utilização do programa, inicialmente é criado um banco de dados com propriedades dos constituintes (granulometria, massa específica e compacidade, entre outros). Algumas propriedades que não podem ser medidas diretamente são informadas por meio de parâmetros de calibração (aderência pasta-agregado, resistência intrínseca do agregado, reatividade das pozolanas).

As misturas foram simuladas estabelecendo-se previamente valores ou faixas de valores para determinadas propriedades no estado fresco e endurecido.

Segundo de Larrard (1999) uma mistura autoadensável deve apresentar tensão de escoamento $\leq 500 \text{ Pa}$, viscosidade plástica entre 200 Pa.s e 300 Pa.s , espalhamento $\geq 600 \text{ mm}$ e abatimento $\geq 250 \text{ mm}$. Partindo-se de uma das dosagens usadas para calibração do programa e das especificações a serem alcançadas, foram feitas várias tentativas, até se alcançar uma mistura que fosse satisfatória (Tabela 1).

Tabela 1 – Dosagem da matriz de referência

Constituinte	Consumo (kg/m^3)
saibro	1.338,40
cimento CP II-F-32	192,00
cinza volante	19,00
metacaulinita	19,00
superplastificante Glênium 51 (SP)	12,39
água	452,80

Obs.: fator água/cimento=2,40; teor de sólidos do SP=2%; razão água/solo=33,83%; razão cimento/solo=14,35%; traço em massa 1:6,97:0,10:0,10 (cimento:saibro:cinza:metacaulinita)

A dosagem da matriz de referência foi testada em laboratório, e decidiu-se também investigar a influência da fração areia no comportamento da matriz, através de misturas do solo com 33%, 50% e 66% de areia lavada de rio. A areia adicionada apresenta módulo de finura de 2,6 mm e dimensão máxima característica de 1,9 mm. A adição controlada de areia alterou a granulometria do saibro, que continha inicialmente 65% de areia. Após as adições de 33%, 50% e 66%, o mesmo passou a apresentar 77%, 83% e 88% de fração areia. Antes da etapa de moldagem, foram executados ensaios de abatimento e espalhamento através do cone de Abrams, segundo a ABNT NBR NM67:1998 e ABNT NBR 15823-2:2010, respectivamente, visando acertar a reologia das misturas.

Para a produção das misturas, foi usada uma argamassadeira com capacidade de 20 litros e duas velocidades de rotação. Inicialmente eram colocados os materiais secos (saibro, saibro contendo areia lavada, cimento, cinza, metacaulinita), os quais eram misturados na velocidade 1 até se obter boa homogeneização. Em seguida, adicionava-se a água, mantendo-se a mesma velocidade. Durante a adição de água, era necessário revirar o fundo, para facilitar a homogeneização. Por último, adicionava-se o superplastificante, mantendo-se a mistura durante 7 minutos, tempo necessário para o superplastificante dispersar o cimento. Em algumas misturas, após a adição de superplastificante, ocorria a formação de aglomerações, e nesses casos usava-se mais energia (velocidade 2) para desfazê-las. Findo o tempo necessário para a ação do superplastificante, iniciavam-se os ensaios reológicos.

Após os ensaios envolvendo a mistura de referência e suas variações, foi feita a inserção de fibras de sisal (comprimento=20 mm) nos teores de 0,5%, 1,0% e 1,5% (em relação ao peso de solo seco). Foi realizado o ajuste da reologia e a moldagem de corpos-de-prova cilíndricos ($\varnothing=5$ cm; altura de 10 cm) para os ensaios de compressão uniaxial e placas de 40 mm x 400 mm x 20 mm (largura x comprimento x espessura) para os ensaios de tração direta.

2.2 – Ensaios mecânicos

Os ensaios de resistência à compressão uniaxial foram realizados em uma máquina de ensaios universais servo-controlada Shimadzu com capacidade de carga de 1000 kN. Os ensaios foram realizados por controle de deslocamento a uma taxa de velocidade de 0,05 mm/min. Na região central do corpo-de-prova foram posicionados dois transdutores de deslocamento, sendo a deformação axial obtida pela média das duas leituras. Após a ruptura dos corpos-de-prova, prolongava-se o ensaio até alcançar níveis de tensão de cerca de 40% da tensão de ruptura.

Os ensaios de tração direta foram realizados em uma máquina de ensaios universais eletromecânica Shimadzu modelo AGX com capacidade de carga de 100 kN. Os ensaios foram realizados por controle de deslocamento a uma taxa de velocidade de 0,1 mm/min. A deformação foi medida em um comprimento de 150 mm por dois transdutores de deslocamento posicionados nas duas laterais dos corpos-de-prova (Figura 2).

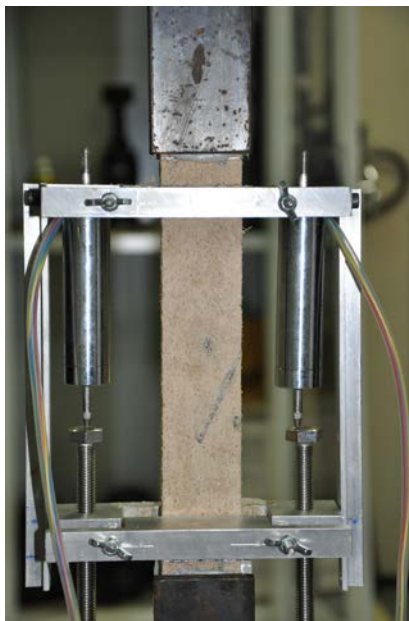


Figura 2 – Aparato para ensaio de tração

3 – RESULTADOS E ANÁLISE

3.1 – Dosagem e reologia

Podemos observar (Tabela 1) que a razão água/solo de 34% coincide com o limite de liquidez do solo usado nessa pesquisa. Em geral, quando se deseja uma consistência fluida para misturas constituídas predominantemente por solo, a quantidade de água de amassamento deve ser próxima do limite de liquidez do solo.

Segantini (2000) também obteve um fator água/solo igual ao limite de liquidez do solo na dosagem de uma matriz de solo-cimento plástico com 14% de cimento (em relação ao peso de solo seco) destinada à produção de estacas moldadas “in loco”.

Para um teor de finos próximo ao usado na dosagem da matriz da presente pesquisa, Chang e Chen (2006) obtiveram, para uma matriz solo-cimento fluida, consumos de 1400 kg de solo e 140 kg de cimento por m³ de mistura, com fator água/cimento de 2,69 e fator água/solo de 26,87. O fator água/solo também foi próximo ao limite de liquidez de seu solo (LL=29,08%). Observa-se que o fator água/cimento foi elevado, assim como o obtido na presente pesquisa.

Na Figura 3 são apresentados os resultados de espalhamento das misturas, usando o cone de Abrams e o cone de Abrams invertido.

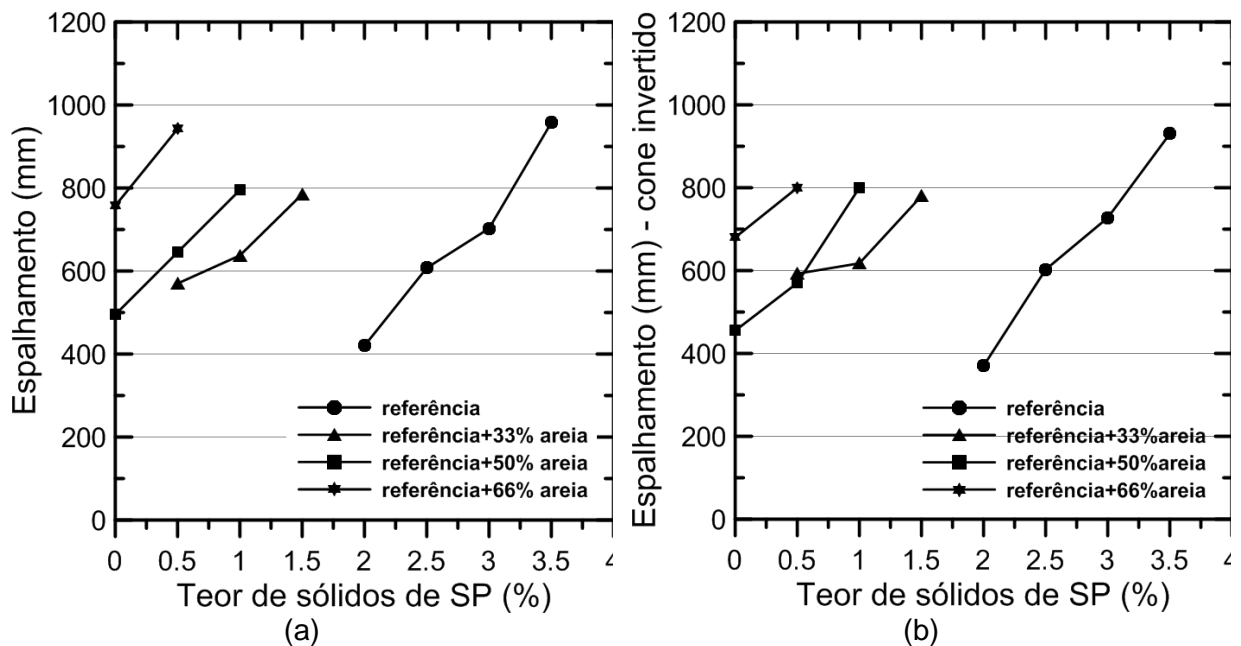


Figura 3 – Resultados de ensaios de espalhamento (a) cone Abrams (b) cone Abrams invertido

Como não existem normas técnicas para controle da reologia de misturas solo-cimento fluidas destinadas à produção de painéis monolíticos, foram consideradas as recomendações para concretos autoadensáveis: ABNT NBR 15823-2:2010, EFNARC (2005) e De Larrard (1999). Os valores de espalhamento que correspondem a misturas fluidas, coesas e homogêneas, com habilidade para fluir sob o peso próprio e preencher completamente os espaços das formas, resistindo à segregação, estão compreendidos entre 550 mm e 850 mm. Para as misturas executadas, foram adotados valores de espalhamento na faixa de 600 mm a 700 mm. Nesta faixa de valores, a mistura de referência necessitou de 2,5% de superplastificante, enquanto que as misturas com 33%, 50% e 66% de areia foram ajustadas com 1,0%, 0,5%, e 0% de superplastificante, respectivamente. Com base na Figura 3, pode-se observar que a adição de areia tornou as misturas mais fluidas, diminuindo a demanda de superplastificante.

Comparando-se os resultados dos ensaios com o cone (Figura 3 – (a)) e com o cone invertido (Figura 3 – (b)), de forma geral os resultados com o segundo foram inferiores, conforme o esperado, uma vez que a posição invertida torna as condições de fluxo sob peso próprio mais difíceis. O ensaio de abatimento, muito usado para concreto comum para fornecer um indicativo de consistência, não foi capaz de diferenciar as mudanças nas dosagens de superplastificante, fornecendo valores de 280 ± 5 mm.

3.2 – Ensaios de compressão uniaxial nas misturas sem fibras

Na Figura 4 e na Tabela 2 são apresentados os resultados dos ensaios de resistência à compressão uniaxial. Pode-se observar que a resistência de pico e a deformação específica na ruptura decrescem com o aumento do teor de areia das misturas. O decréscimo na carga de ruptura com o aumento do teor de areia pode ser devido a um empacotamento granular menos otimizado e menor contribuição da coesão da fração fina na resistência à compressão, em relação à matriz de referência. A matriz de referência acrescida de 66% de areia apresentou um comportamento mais dúctil após a ruptura, alcançando maiores deformações, quando comparada com as outras matrizes. O módulo de elasticidade aumentou com a adição de areia: os grãos de areia lavada, contendo minerais de maior dureza (quartzo e feldspato), podem ter contribuído mais para a rigidez inicial das misturas, em comparação com os grãos de saibro, contendo minerais de menor dureza (micas, argilominerais e minerais carbonáticos).

A influência da fração areia nas misturas pode se manifestar de duas formas antagônicas: aumento na resistência à compressão, por introdução um material granular que contribui para a formação de um esqueleto sólido resistente intertravado pela pasta; ou decréscimo de resistência, por diluição da fração ligante da mistura responsável pela coesão (argila).

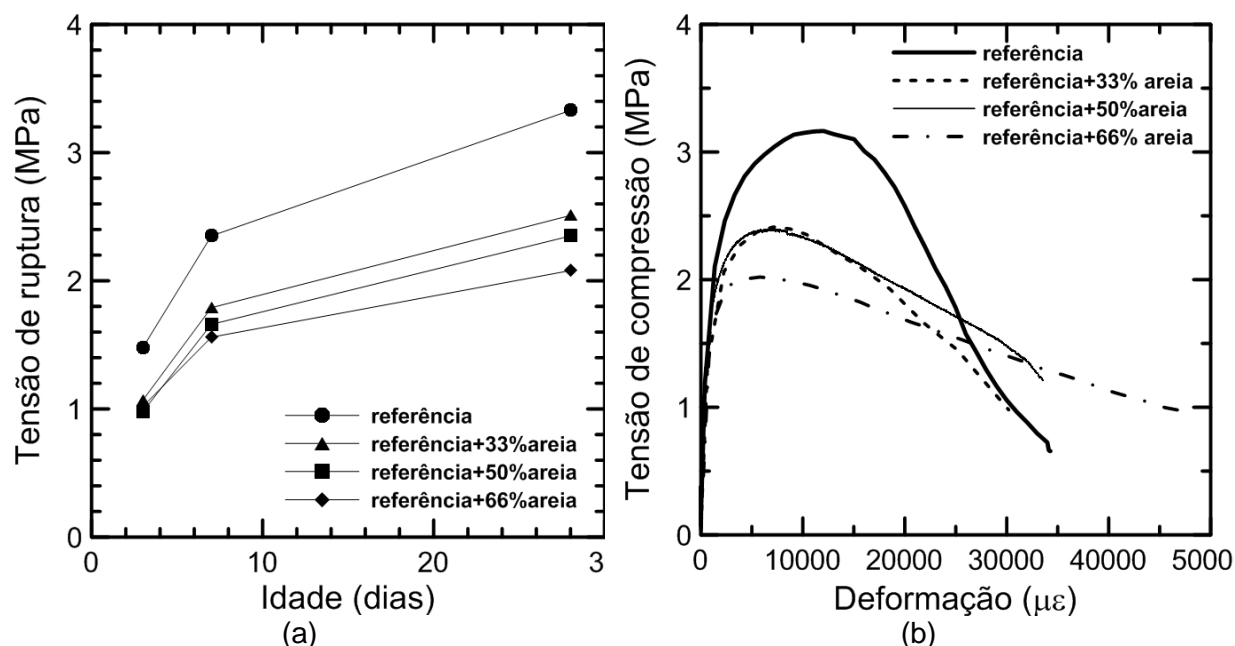


Figura 4 – Influência do teor de areia na resistência à compressão (a) em função da idade e (b) aos 28 dias

Tabela 2 – Parâmetros obtidos nas curvas tensão deformação sob compressão uniaxial (média ± desvio padrão)

Mistura	F_{max} (kN)	σ_{max} (MPa)	ϵ_{rupt} ($\mu\epsilon$)	ϵ_{total} ($\mu\epsilon$)	E (GPa)
Ref	6,55±0,10	3,33±0,05	14.666,75±1.723,43	36.033,12±12.675,59	2,66±0,68
Ref+33%a	4,92±0,14	2,51±0,07	9.167,48±1.684,87	35.521,45±4.329,05	3,53±0,63
Ref+50%a	4,63±0,28	2,35±0,14	7.543,95±825,10	35.239,67±1.787,52	2,71±1,15
Ref+66%a	4,09±0,37	2,08±0,19	4.648,84±1.091,19	37.599,69±12.623,40	3,51±0,65

Ref=referência; 33%a=33%areia; 50%a=50%areia; 66%a=66%areia; F_{max} =carga de ruptura; σ_{max} =tensão de ruptura; ϵ_{rupt} =deformação específica na ruptura; ϵ_{total} =deformação específica total; E=módulo de elasticidade

3.3 – Ensaio de compressão uniaxial e tração direta nas misturas com fibras

Com base na Figura 5 (a) observa-se que a mistura contendo 1,0% de fibras apresentou ganho de resistência à compressão em relação às demais (3,47 MPa). A resistência de pico das misturas de referência, e das misturas reforçadas por 0,5% e 1,5% de fibras foi semelhante. Quanto maior o teor de fibras incorporado maior a capacidade de deformação dos compósitos após a ruptura, pois o ramo pós-pico das misturas com fibras muda significativamente de inclinação em relação à mistura de referência.

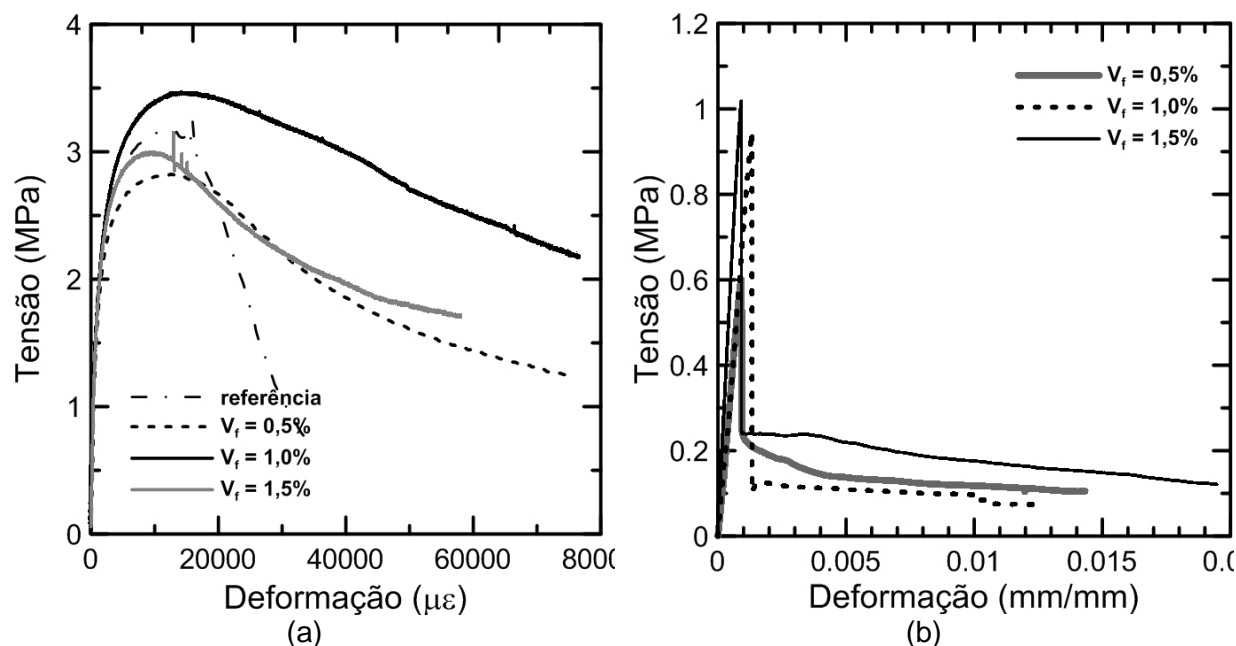


Figura 5 – Influência do teor de fibras de sisal na (a) resistência à compressão e (b) tração das misturas solo-cimento aos 28 dias de idade

Os resultados apresentados na Figura 5(b) indicam que no comportamento à tração o aumento do teor de fibras dos compósitos conduz a aumento da resistência. Após a ruptura, a fibra contribui para que a matriz resista a um determinado nível de tensão e tenha uma deformação adicional, ao invés de uma ruptura abrupta e frágil.

Na Tabela 3 são apresentados alguns parâmetros obtidos nos ensaios de tração dos compósitos com 0,5%, 1,0% e 1,5% de fibras de sisal.

Tabela 3 – Parâmetros obtidos nos ensaios de tração dos compósitos (média \pm desvio padrão)

Amostra	P_{rupt} (kN)	σ_{rupt} (MPa)	ϵ_{rupt} (%)	E (GPa)	T_{rupt} (J)	$T_{desloc=1,5mm}$ (J)
$V_f = 0,5\%$	0,56 \pm 0,18	0,78 \pm 0,25	0,11 \pm 0,06	0,73 \pm 0,04	0,05 \pm 0,03	0,17 \pm 0,00
$V_f = 1,0\%$	0,73 \pm 0,05	1,02 \pm 0,06	0,06 \pm 0,06	2,46 \pm 1,48	0,04 \pm 0,03	0,22 \pm 0,05
$V_f = 1,5\%$	0,66 \pm 0,06	0,92 \pm 0,08	0,06 \pm 0,04	1,95 \pm 1,47	0,03 \pm 0,02	0,23 \pm 0,04

Obs: V_f =teor de fibras; P_{rupt} =carga de ruptura; σ_{rupt} =tensão de ruptura; ϵ_{rupt} =deformação na ruptura; E=módulo de elasticidade; T_{rupt} =tenacidade até a ruptura; $T_{desloc=1,5mm}$ =tenacidade até o deslocamento de 1,5 mm

4 - CONCLUSÕES

Os resultados experimentais comprovaram que o Modelo do Empacotamento Compressível (MEC) é uma ferramenta eficaz para o projeto de misturas solo-cimento autoadensáveis, agregando um caráter científico aos procedimentos de dosagem.

O ajuste da reologia da matriz de referência antes da inserção de fibras forneceu parâmetros físicos que facilitaram a produção das matrizes reforçadas com fibras curtas de sisal.

A resistência à compressão da matriz sem fibras na idade de 28 dias (3,34 MPa) foi compatível com os resultados obtidos na literatura para matrizes fluidas com parâmetros de dosagem semelhantes (características físico-químicas do solo, teor de cimento, fator água/cimento, fator água/solo).

Quando os compósitos foram submetidos a tensões de compressão, o teor de fibras de 1,0% conduziu a um aumento de resistência de cerca de 3,9% em relação à matriz de referência. A incorporação de fibras aumentou a tenacidade à fratura dos compósitos, e esse aumento foi tanto maior quanto maior o teor de fibras.

O comportamento à tração dos compósitos também mostrou que as fibras contribuíram para deformações adicionais no ramo pós-pico, e a resistência à tração aumenta com o aumento do teor de fibras. A matriz deixa de ter uma ruptura brusca e frágil, e passa a apresentar uma ruptura dúctil.

5 – AGRADECIMENTOS

Aos técnicos do Laboratório de Estruturas do Programa de Engenharia Civil da COPPE/UFRJ (LABEST) pelo apoio na execução dos ensaios e à UFRJ pelo apoio a um dos autores na realização da presente pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR NM67: *Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone*. Rio de Janeiro, 1998.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 6459: *Solo – Determinação do limite de liquidez*. Rio de Janeiro, 1984.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 6502: *Rochas e solos*. Rio de Janeiro, 1995.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 7180: *Solo – Determinação do limite de plasticidade*. Rio de Janeiro, 1984.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 15823-2: *Concreto – Determinação do espalhamento e do tempo de escoamento – Método do cone de Abrams*. Rio de Janeiro, 2010.
- Catton, M.D. Early soil-cement research and development. *Proceedings, ASCE*, New York, Jan. 1959.
- Chang, C-F. e Chen, J-W, 2006, “Development and Production of Ready-Mixed Soil Material”, *Journal of Materials in Civil Engineering*, v.18, issue 6, nov-dez, pp.792-799
- De Larrard, F. *Concrete Mixture Proportioning*. London, E& FN SPON, 1999.
- EFNARC. The European Guidelines for Self-Compacting Concrete. Reino Unido. Maio 2005. (www.efnarc.org)
- Merril, A.F. *Casas de tierra apisonada y suelo-cemento*. Buenos Aires, Windsor, 1949.
- Pitta, M.R., 1980, *Solo-Cimento Plástico: Indicações Gerais de Dosagem para seu Emprego na Recuperação de Pavimentos Rígidos através de Injeção de “mud-jack”*. ABCP, ET-33, São Paulo, 8 p.
- Segantini, A. A., 2000, *Utilização de Solo-Cimento Plástico em Estacas Escavadas com Trado Mecânico em Ilha Solteira – SP*. Tese de D.Sc., UNICAMP, FEAGRI, Campinas, SP, Brasil.
- Silva, E.T., 1992, *Solo-cimento e solo-vinhaça no revestimento de canais de irrigação para transporte de vinhaça: adequação física e parâmetros hidráulicos*. Campinas, SP. Dissertação de mestrado, FEAGRI, UNICAMP, 108 p.
- Silva, M.T., 1994, *Interação solo-estrutura de fundação em estacas de solo-cimento e concreto*. Brasília, D.F. Dissertação de Mestrado, FT, UnB, 101 p.
- Silva, F.A., Chawla, N., Toledo Filho R.D., 2008, “Tensile behavior of high performance natural (sisal) fibers”, *Composites Science and Technology*, v.68, n.15-16, dez 2008, pp.3438-3443.

Thomaz, C.A. *Hospital Adriano Jorge*; relatório interno da Associação Brasileira de Cimento Portland, São Paulo, 1976.

Thomaz, C.A., 1984, *Paredes Monolíticas de Solo-Cimento: Hospital Adriano Jorge*. São Paulo, SP, ABCP, 4ª edição, BT-4, 44 p.

AUTORES

Adriana Paiva de Souza Martins – Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Ouro Preto, mestrado em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2005). Atualmente é engenheira da Universidade Federal do Rio de Janeiro e cursa doutorado no Programa de Engenharia Civil da COPPE/UFRJ, área de meio ambiente. Tem experiência na área de Engenharia Civil, com ênfase em execução de obras, orçamento e manutenção predial.

Flávio Andrade Silva – Possui graduação em Engenharia Civil pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (2001), mestrado em Engenharia Civil pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (2004), doutorado em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2009) e Pós-doutorado na Technische Universität Dresden (2010). Atualmente é Professor colaborador e pesquisador da COPPE/UFRJ. Tem experiência na área de Engenharia Civil, com ênfase em Materiais Compósitos.

Romildo Dias Toledo Filho – Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal da Paraíba (1983), mestrado em Engenharia Civil pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (1986) e doutorado em Engenharia Civil pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (1997). Atualmente é professor associado da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Tem experiência na área de Engenharia Civil, com ênfase em Concreto.



TERRA BRASIL

2012



IV Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil
07 a 10 de agosto de 2012 | Fortaleza - Ceará

AVALIAÇÃO INICIAL DO COMPORTAMENTO DA ARGAMASSA DE SOLO, CAL, AREIA ARTIFICIAL E CINZAS DE BAMBU

Ghattas, Michel Habib¹; Almeida, Ademir²; Camarini, Gladis³

(1) Arquiteto e bioconstrutor, instrutor de cursos de construção com terra +55-11-9229-1555, mhabib@terra.com.br

(2) Técnico de laboratório, Departamento de Arquitetura e Construção, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Av. Albert Einstein, 951 - Caixa Postal: 6021 - CEP: 13083-852 - Campinas - SP, +55-19-35212367, aalmeida@fec.unicamp.br

(3) Professora Associada, Departamento de Arquitetura e Construção, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Av. Albert Einstein, 951 - Caixa Postal: 6021 - CEP: 13083-852 - Campinas - SP, +55-19-35212361, camarini@fec.unicamp.br

Resumo

As argamassas de revestimento desenvolvem uma função protetora de grande importância nas construções, absorvendo a deterioração superficial causada por intempéries e com isso aumentando consideravelmente a durabilidade das alvenarias. Este trabalho investiga o comportamento de uma argamassa composta de materiais de fácil obtenção e baixo custo (cal, solo, areia britada e cinzas de bambu), visando uma solução com menor impacto ambiental, em oposição aos atuais processos industrializados. Neste estudo foram realizados ensaios em laboratório com dois diferentes traços de argamassa, diferindo entre eles apenas na adição de cinzas de bambu. O objetivo foi observar o comportamento da mistura quando se adiciona a sílica proveniente da cinza de bambu. Os resultados encontrados indicaram que a cinza de bambu quando obtida de forma não controlada não resulta em melhoria do conjunto em relação ao desempenho mecânico. No entanto, aumenta a porção granulométrica de partículas finas, atuando positivamente na plasticidade e fluidez da argamassa. O comportamento mecânico foi inferior à referência (traço padrão).

1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

As civilizações antigas dispunham das mesmas matérias primas que utilizamos atualmente na construção, como argila, areia, pedra, calcário, gipsita, entre outros, com exceção dos materiais que hoje necessitam de alta tecnologia no seu processo produtivo.

A civilização egípcia já utilizava uma argamassa composta por cal e outros materiais para revestimento do interior das pirâmides. Esse conhecimento foi passado aos romanos que aprimoraram a técnica adicionando argilas pozolânicas em suas misturas, aumentando as propriedades hidráulicas da argamassa. A utilização da cal em edificações e obras viárias foi registrada significativamente na estabilização do leito de base da via Ápia em 312 a.C. No Palácio de Knossos, na Grécia, foram encontrados afrescos pintados em camadas duplas de revestimento feito com uma argamassa de cal estabilizada com cabelos (Boynton, 1980, apud Guimarães, 2002)

Observando as construções históricas, encontramos amostras de argamassas compostas de aglomerantes orgânicos ou minerais como gesso, cal, cimento, e agregados como argila, areia, cinzas, fibras, entre outros. Nas construções rudimentares a pedra e a terra, eram materiais que possibilitavam a edificação de alvenarias de fechamento ou autoportantes. A seleção e obtenção dos materiais de base eram feitas conforme a cultura, a disponibilidade, e as experiências locais. As alvenarias, dependendo da técnica adotada, apresentam seu material aparente, como exemplo da taipa de pilão, tijolos maciços, entre outros; ou são preparadas para serem revestidas com azulejos, porcelanatos, pedras, ou simplesmente rebocadas com argamassa resistente às intempéries.

Com o aprimoramento da tecnologia e o estudo de patologias dos sistemas construtivos, é evidente a necessidade para a técnica mista (taipa de mão), a utilização de uma argamassa de revestimento que torne a superfície apta a receber acabamento final para a proteção e conservação da alvenaria como pintura de cal, resinas vegetais, entre outros.

Este trabalho avaliou, em laboratório uma argamassa de revestimento composta por materiais naturais de fácil obtenção e materiais industrializados de baixo custo. Essa escolha baseou-se nos seguintes conceitos: biodegradação rápida quando descartado no meio ambiente, possível aplicação em áreas de preservação, criando também uma opção acessível para populações isoladas ou desprovidas do abastecimento de materiais de construção. Os ensaios caracterizaram os materiais individualmente e as propriedades mecânicas das misturas no estado endurecido. A argamassa foi composta pelo aglomerante mineral, cal hidratada, e por agregados como areia britada, solo e cinza proveniente da queima do bambu. Os resultados identificaram seu comportamento e método de produção como uma alternativa comercial em meios urbanos, ou em áreas isoladas que dependem da autoconstrução.

2. JUSTIFICATIVA

Em muitos casos a degradação das alvenarias inicia-se pela ausência de uma proteção superficial, argamassas ou revestimentos. Isso facilita a deterioração do elemento base por infiltração de água, alojamento de insetos e outras patologias provenientes da exposição às intempéries, comprometendo a edificação e a saúde do usuário. Com o impacto ambiental causado pela construção civil e o atual déficit habitacional, é urgente a busca de produtos que utilizem materiais renováveis e de baixo impacto ambiental. Com o problema do aumento da quantidade de resíduos sólidos resultante da construção civil, esse estudo busca também colaborar com o incentivo ao uso de um material de menor impacto ambiental, desde o processo produtivo até o seu descarte como um material biodegradável.

3. DELIMITAÇÃO DO TEMA

Este trabalho caracterizou o comportamento de duas argamassas. Uma argamassa de cal, areia artificial e terra e outra argamassa de cal com a mesma proporção da primeira mas adicionando cinza proveniente da queima do bambu como uma adição mineral rica em sílica. Esse trabalho busca uma relação ideal entre os componentes, avaliando a possibilidade de uso desse material como revestimento em camada única para áreas internas e externas. Os resultados obtidos não compreendem informações que relacionam o comportamento desta argamassa aplicada, mas sim em estudo de laboratório.

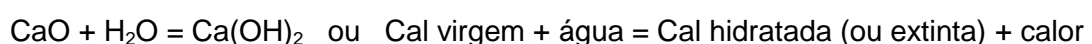
4. REVISÃO DA LITERATURA

A cal é o produto obtido pela calcinação de rochas calcárias a temperaturas elevadas compreendidas entre 800 °C e 1000 °C. O material resultante da calcinação de rochas calcárias (CaCO_3) é chamado de cal virgem (CaO). Além de rochas calcárias, outra matéria prima para a obtenção da cal são resíduos de conchas, com a vantagem de serem mais puras pois não apresentam óxido de magnésio em sua composição (Guedes, 2000).

Segundo Cincotto et al. (2010), o fenômeno ocorrido na calcinação do calcário é:



Para obtenção da cal utilizada na construção, o óxido deve ser hidratado para virar hidróxido de cálcio Ca(OH)_2 e adquirir propriedades aglomerantes. Esse processo libera grande quantidade de calor (Cincotto et al, 2010):



As argamassas de cal, inicialmente, têm consistência plástica, mas endurecem por recombinação do hidróxido com o gás carbônico, presente na atmosfera, voltando ao seu estado inicial de carbonato de cálcio.



O solo apropriado para a construção com terra deve estar livre de matéria orgânica. Quando utilizado na construção, a escolha do solo deve seguir critérios de granulometria, plasticidade, retração, teor de umidade e grau de compactação. A granulometria determina e classifica o material como; pedregulho, areia, silte e argila, onde a areia pode ser subdividida como grossa, média e fina. (Neves et al, 2009).

Após a caracterização do solo, muitas vezes é necessário um processo de estabilização para corrigir e melhorar as propriedades mecânicas do solo. Vários são os meios e recursos para se estabilizar a terra, entre eles encontra-se a cal hidratada. Na estabilização com cal hidratada, ocorrem três processos distintos, a carbonatação com a reação do hidróxido de cálcio com o gás carbônico atmosférico, a cristalização onde a cal ataca os íons Si^{++} que se encontram no interior das lamelas de argila e a floculação que ocorre quando a alcalinidade da cal modifica o pH da terra provocando a aglomeração de suas partículas em razão das reações de troca de cátions (Barbosa; Ghavami, 2010).

Em estudos realizados com a queima de folhas de bambu e posteriormente aquecidas a $600^{\circ}C$ por duas horas, resulta em um material amorfo e rico em sílica denominado “bamboo leaf ash - (BLA)” (Tabela 1).

Tabela 1 – Análise química da cinza de bambu (Olugbenga, O. A.; Akimwole, A. A., 2010)

Systema	Composição (Wt%)										
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	NaO	TiO ₂	SO ₃	IR	LOI
BLA	75,90	4,13	1,22	7,47	1,85	5,62	0,21	0,20	1,06	-	-

A cinza resultante da queima controlada de folhas de bambu é um material pozolânico que reage com hidróxido de cálcio $Ca(OH)_2$ formando o silicato de cálcio hidratado (C-S-H), material responsável pelas qualidades hidráulicas do cimento Portland. A atividade pozolânica de cinzas de folha de bambu aumenta com o aumento do tempo e da temperatura (Dwivedi et al., 2006).

A cinza quando utilizada deve ser selecionada observando que a tolerância na presença de carbono não deve ultrapassar 5%, o que prejudicaria a reação, retardando a ação pozolânica da mistura, a utilização de cinza volante na estabilização de misturas de solo cal deve seguir uma proporção correta, com resultados melhores do que o uso indiscriminado desse material (Guimarães, 2002). Para a obtenção da cinza amorfa, é necessário calcinar a matéria prima em temperaturas entre $500^{\circ}C$ e $700^{\circ}C$ por tempo controlado até a total dissociação do material orgânico. (Mehta; Monteiro, 1994). Quando o material é calcinado em temperaturas acima de $700^{\circ}C$ ou por tempo prolongado, ocorre a organização e a expansão do cristal da sílica, diminuindo sua atividade pozolânica, atuando apenas como um agregado fino. (Rodrigues, 2008).

Conforme o anexo B, InformativosB.2 – Fissuras, da NBR 13749 (ABNT, 1996), “quando superficial, a fissura pode ser preenchida com o material de acabamento do revestimento: massa corrida de preparo da superfície a ser pintada, cola do material de acabamento (papel de parede, forração), argamassa colante, ou preenchimento com a própria argamassa”.

5. MATERIAIS, ENSAIOS E MÉTODOS

5.1 Materiais e misturas experimentais

O trabalho foi desenvolvido com um traço de cal, solo, areia artificial (de pedra britada) e água, na proporção 1:1:3:1 (traço misto). A esse traço foi adicionada 1/2 parte de cinza de bambu para uma comparação e análise do comportamento em seu estado endurecido pós-

cura. Os corpos de prova foram submetidos a ensaios mecânicos de compressão e tração à flexão e análise de fissuras.

5.2. Corpos-de-prova

Para o preparo dos corpos de prova foram utilizadas:

- 8 fôrmas de madeira (50 cm x 50 cm e espessura de 1,5 cm) para avaliar as fissuras.
- 1 forma de madeira (4 cm x 4 cm x 40 cm) para análise de retração linear.
- 8 fôrmas de aço (4 cm x 4 cm x 16 cm) para moldagem dos corpos de prova prismáticos para ensaios de resistência à compressão e à tração na flexão.

5.3. Caracterização dos materiais

Os materiais como a terra, areia artificial, cal hidratada comercial e cinza volante, foram caracterizados individualmente.

5.3.1. Solo

Para esse estudo utilizou-se um solo proveniente do município de Atibaia, coletado em um canteiro de obras. O solo foi submetido a testes de granulometria, difração de raios-X (DRX), índice de plasticidade e retração linear.

5.3.1.1. Granulometria

Com base nos percentuais apresentados pelo ensaio granulométrico (Figura 1) e resultados transcritos na Tabela 2, constata-se que o material é um solo areno-silto-argiloso com quantidade insignificante de pedregulhos.

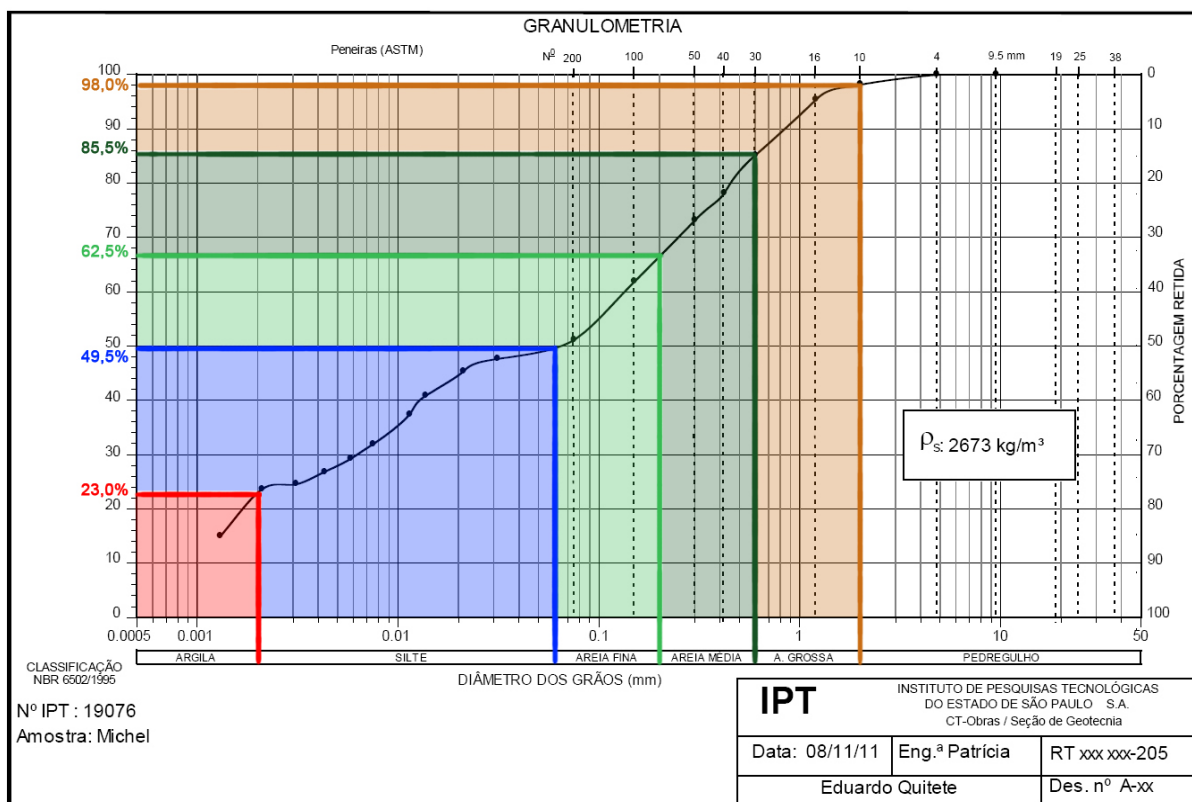


Figura 1. Resultado do ensaio granulométrico do solo estudado

Tabela 2. Percentual granulométrico do solo estudado

Argila	23%	
Silte	26,5%	
Areia fina	13%	48,5%
Areia média	23%	
Areia grossa	12,5%	
Pedregulho	2%	

5.3.1.2. Índice de plasticidade

O índice de plasticidade (IP) é obtido pela relação entre os valores de limite de liquidez (LL) e limite de plasticidade (LP), seguindo a fórmula $IP = LP - LL$. No ensaio de LP obteve-se um teor de umidade médio de 30,20%. Com 25 golpes foi possível determinar o LL de 38,80%, obtendo-se o IP de 8,60% (Figura 2).

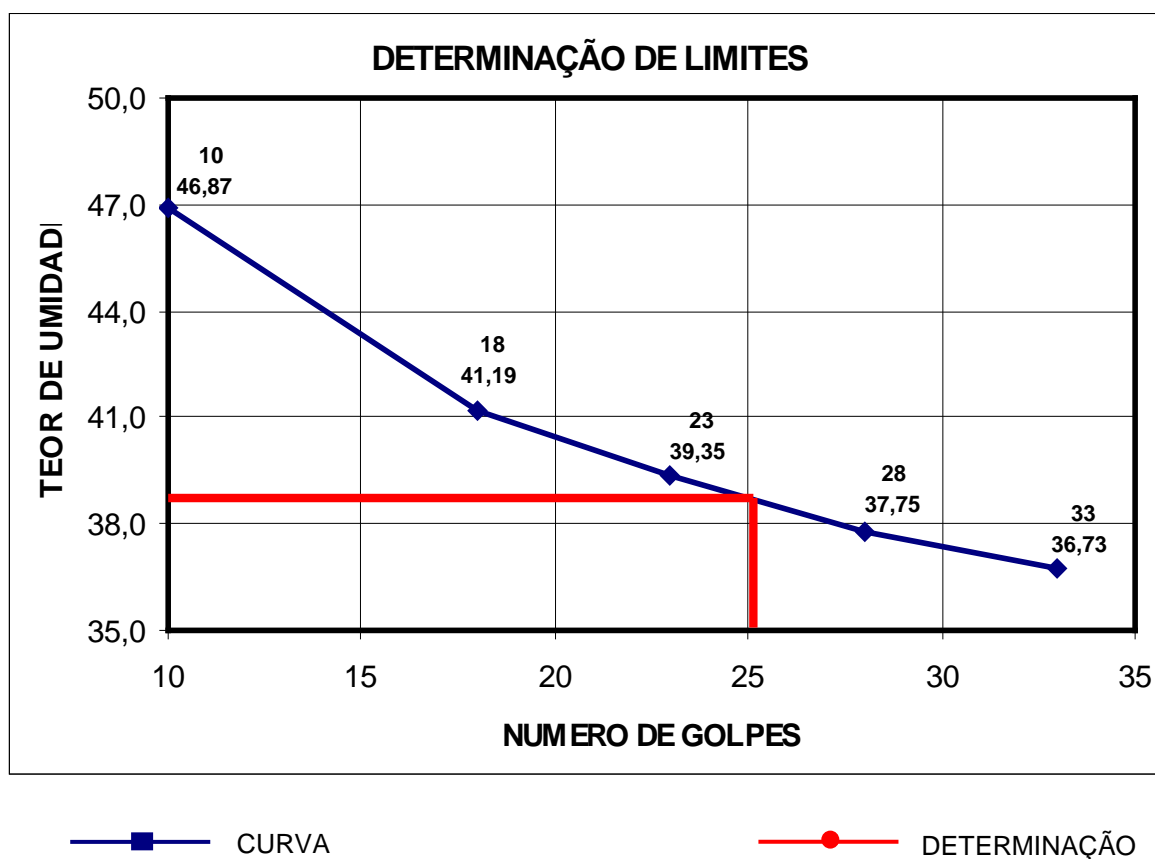


Figura 2 – Curva para determinação do limite de liquidez do solo

Relacionando isoladamente o resultado obtido no ensaio de IP com os percentuais estabelecidos na Tabela 3, o solo classifica-se como um material silto-arenoso, porém com base no ensaio anterior (Tabela 2), a quantidade de areia é muito superior a de silte, confirmando um solo areno-silto-argiloso.

Tabela 3 – Classificação dos solos em função dos índices de plasticidade (CRATerre, 1979)

Tipo de solo	IP (%)	LL (%)
Arenoso	0 a 10	0 a 30
Siltoso	5 a 25	20 a 50
Argiloso	> 20	> 40

5.3.1.3. Difratoograma de raios-X

O DRX serve como ferramenta para identificação qualitativa dos compostos de um material, no caso do solo, seus argilominerais (Figura 3). A análise quantitativa desses compostos é apresentada na Tabela 4. Os comportamentos físico-químicos de uma argila são influenciados por seus argilominerais. Pelos resultados apresentados, os compostos desse material não apresentam comportamento expansivo ao secar, tornando este solo adequado para o trabalho.

Tabela 4 – percentuais apresentados no ensaio de DRX

Caulinita (KA)	90 % a 95%	Nomenclatura Solo mineralógicamente composto por quartzo, feldspato, mica e caulinita
Ilita (IL)	5% a 10%	
Gibbsita (GIB)	< 1%	
Goethita (GO)	< 1%	
Hematita (HE)	< 1%	

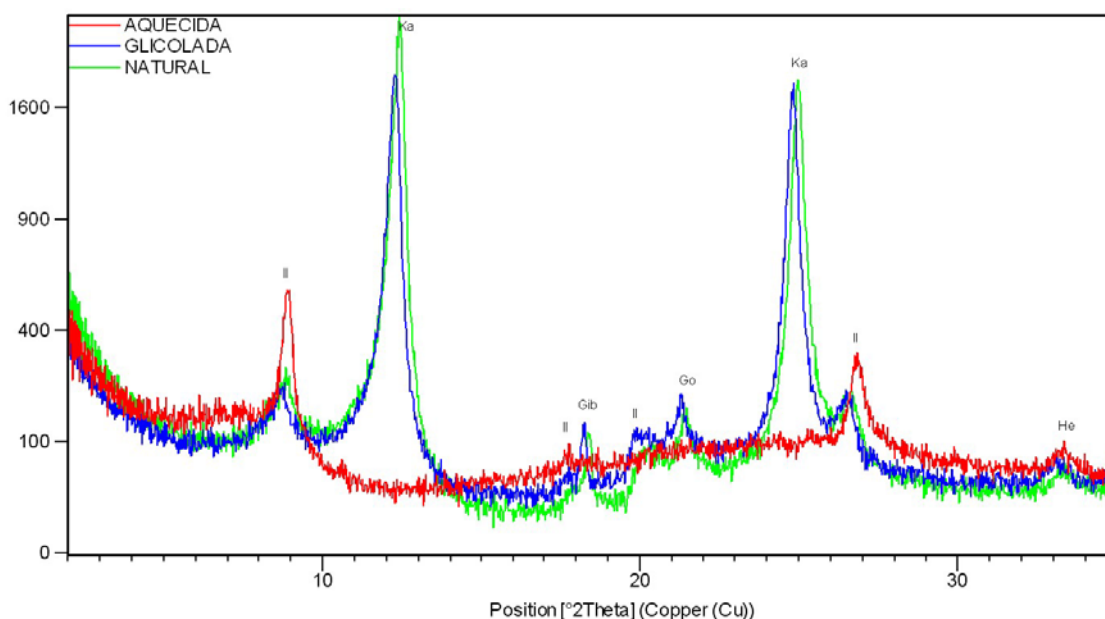





Figura 3 – difratograma de raios-X do solo selecionado para os ensaios

5.3.2. Cal

A cal adotada para este trabalho foi a cal hidratada CH-III, fabricada pela Votorantim Cimentos S.A. O produto atende às exigências físico-químicas da norma, enquadrando-se como cal cálcica, com teor de óxido de cálcio entre 90% e 100% dos óxidos totais presentes conforme NBR 7175 (ABNT, 2003). Sua massa unitária é de 0,666 Kg/dm³. Demais informações foram fornecidas pelo fabricante (Tabela 5).

Tabela 5 – Classificação físico-química da cal CH-III do fabricante Votorantim Cimentos S.A.

CIMENTO ITAÚ S/A - ITAÚ DE MINAS CONTROLE DA QUALIDADE		CHIII		 Votorantim Cimentos outubro-11 Certificada pela NBR ISO 9001:2000	
BOLETIM DE ANÁLISES DA CAL					
ENSAIOS QUÍMICOS					
ENSAIO	UNIDADE	RESULTADOS	ESPECIFICAÇÃO		
SiO ₂	%	2,81	<10%		
Al ₂ O ₃	%	0,36	-		
Fe ₂ O ₃	%	0,41	-		
CaO (tot)	%	55,23	-		
MgO	%	12,69	-		
SO ₃	%	0,17	-		
perda ao fogo	%	25,47	-		
Umidade	%	0,58	-		
CO ₂	%	11,94	< 13%		
P30 0,600mm	%	0,00	< 0,5%		
P200 0,075mm	%	11,33	<15%		
H ₂ O	%	13,53	-		
CaO N/H	%	1,74	<=4		
OXIDOS N/H	%	13,15	<15%		
C+M (OT)	%	91,49	> 88%		
			-		
			-		
ENSAIOS FÍSICOS					
ENSAIO	UNIDADE	RESULTADOS	ESPECIFICAÇÃO		
Retenção de água		90	>70%		
Estabilidade (APRO)		APRO	Ausência de cavidade ou protuberância		
Observações:					
RESPONSÁVEL TÉCNICO  Matheus Viotto Bezerra CRQ 04347946			COORDENADOR QUALIDADE  Ednaldo Cruz Gomes CRQ 02200405		
Atualizado em: 28/10/2011 11:13					

5.3.3. Areia artificial

Os ensaios utilizaram areia artificial, resultante de britamento de rochas, proveniente da pedreira Jaguari da cidade de São Paulo, composta predominantemente de minerais de feldspato, quartzo e mica. Esse material surge como uma alternativa de proteção às jazidas de areia natural que são exploradas em larga escala com impactos ambientais significativos.

Visualmente as partículas de areia natural tem uma forma mais arredondada quando comparada com a areia artificial. Por esse motivo, a areia natural com partículas subarredondadas produz um material final com menor absorção por capilaridade, porém de menor resistência à compressão e à tração na flexão que argamassas produzidas com areia britada de partículas angulosas (Silva; Buest; Campiteli, 2005).

O material ensaiado apresentou um módulo de finura 2,66, considerado baixo para agregados, somado a um alto teor de material fino (Figura 4). Os finos em excesso atuam de forma negativa, deixando muitos espaços vazios e consomem maior quantidade de água. Quando há o equilíbrio entre as partículas, o preenchimento de todos os espaços por diversos tamanhos torna o material mais coeso e resistente em função do menor número de vazios em seu arranjo granulométrico.

A massa unitária dessa areia artificial foi 1,518 kg/m³.

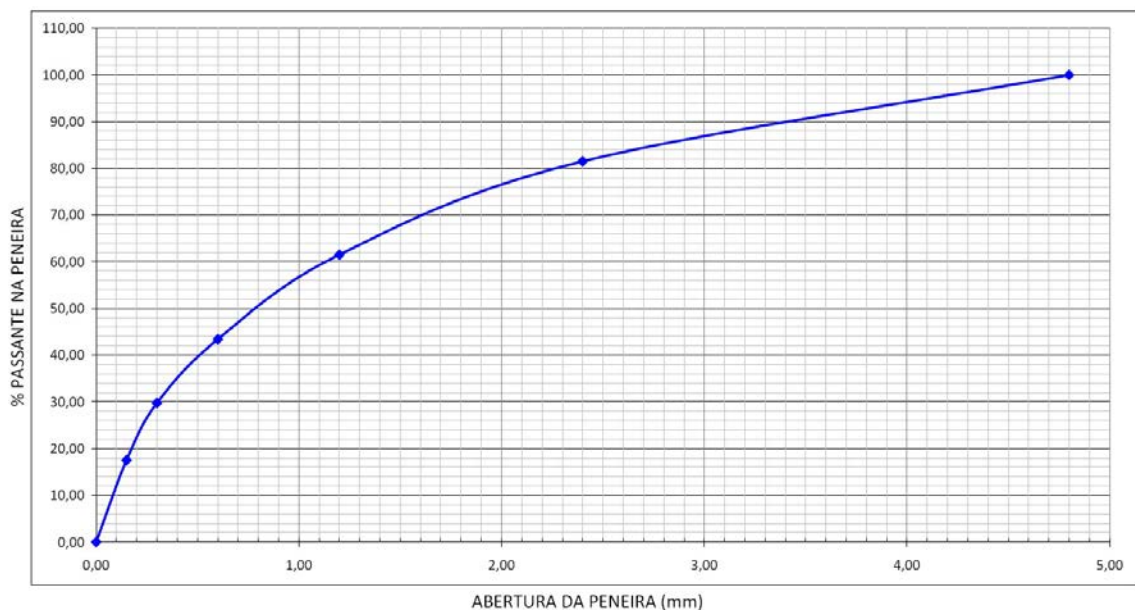


Figura 4 – Curva granulométrica do agregado miúdo – areia artificial

5.3.4. Cinzas de bambu

Para a obtenção desse material, foram coletadas varas de bambu com galhos e folhas da espécie *Dendrocalamus Giganteus* e incinerados sem controle de temperatura. A cinza resultante dessa queima foi peneirada em peneira de abertura 2 mm e adicionada ao traço padrão na razão de 1/10 do volume total dos agregados, prevendo sua atuação como material pozolânico natural de origem vegetal.

5.4. Preparo dos materiais

Para a produção da argamassa de cal padrão (AC), os agregados e o aglomerante foram peneirados em peneira de abertura 4 mm, misturados respeitando o traço adotado T1 (Tabela 6). Os materiais foram misturados a seco e homogeneizados, e posteriormente foram misturados com água conforme exigência da NBR 7200 (ABNT, 1998) para a correção de quaisquer óxido de cálcio (CaO) mal hidratado.

Após a homogeneização e umedecimento inicial, o material ficou em repouso por 7 dias. Essa mistura foi novamente peneirada, misturada mecanicamente a seco com o auxílio de uma betoneira. A cinza de bambu na argamassa foi incorporada durante o processo de amassamento. Esse traço com cinza (ACC) foi denominado T2.

Tabela 6 - Traços utilizados para o estudo das argamassas relacionados em volume

Nome	Traço	Areia artificial	Solo	Cal	Cinza
AC	*T1	3	1	1	0
ACC	T2	3	1	1	0,1

* traço referência aplicado empiricamente com bons resultados em alvenarias de terra

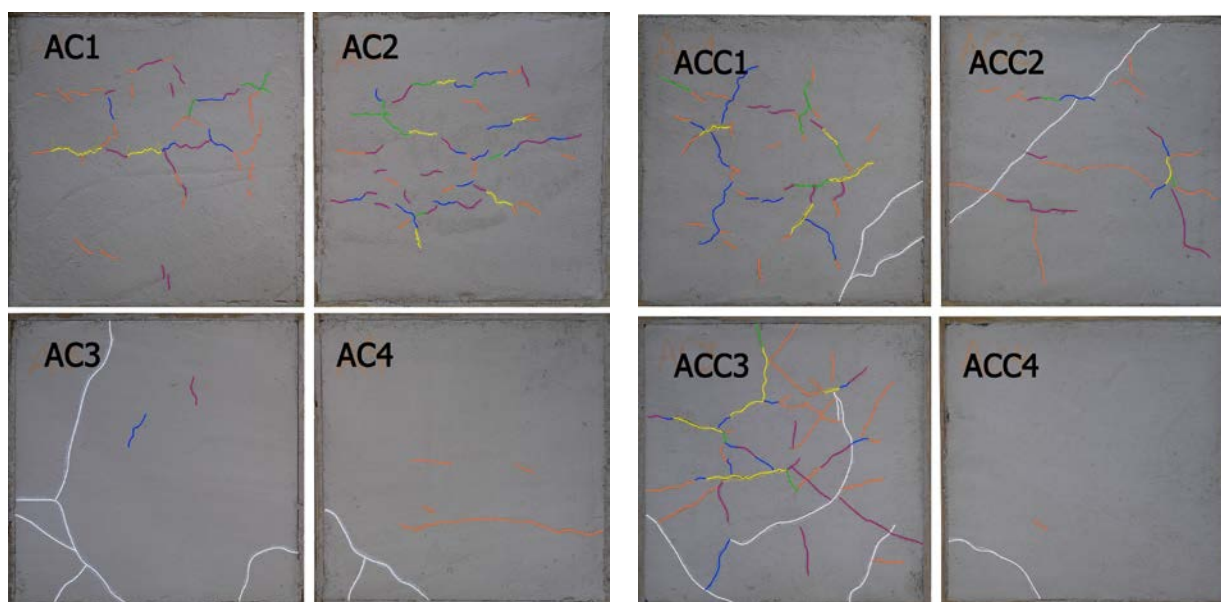
Para T1, a mistura foi hidratada com 1/7 de água e misturada manualmente até atingir uma consistência plástica e homogênea. A mistura descansou por 20 minutos antes da moldagem das placas (4 unidades) e prismas (4 unidades). Para T2, foi incorporada a seco no traço uma décima parte de cinza de bambu para a moldagem de outras placas (4 unidades) e prismas (4 unidades).

5.5. Comportamento da argamassa no estado seco

Após a moldagem das placas e prismas, o material descansou por 28 dias quando iniciaram as observações quanto a fissuração das placas e as determinações de suas propriedades mecânicas: resistência à compressão e resistência à tração na flexão.

5.5.1. Abertura de fissuras

Nas oito placas produzidas (Figura 5) foi observada a abertura de fissuras semelhantes para os dois traços. Para cada traço, duas placas apresentaram fissuras significativas e duas não. Para essa análise de fissuras, foram medidas a extensão e sua abertura. Do produto desses valores foi retirada a média, obtendo-se um valor expresso em cm^2 . Para o traço T1, o valor médio da abertura de fissuras foi $4,67 \text{ cm}^2$. Para o traço T2, o valor médio da abertura de fissuras foi $6,94 \text{ cm}^2$. Com o resultado médio das fissuras, é possível observar que as placas com o traço T2, contendo as cinzas, foram as que apresentaram maior quantidade de fissuras.



Argamassa de cal (AC) para T1

Argamassa de cal com cinza (ACC) para T2

Figura 5 – Caracterização das fissuras apresentadas pelos dois traços ensaiados

Esse comportamento ocorre com o aumento de partículas finas que em função da queima descontrolada da cinza, não formaram a sílica necessária para reagir positivamente com a

cal, criando uma maior área de superfície de partículas inertes (carvão), resultando em uma maior água adsorvida, espaços vazios e maior porosidade ao secar.

5.5.2. Resistência mecânica

Os ensaios de resistência à compressão e à tração na flexão foram obtidos em corpos de prova prismáticos 4 cm x 4 cm x 16 cm, quatro para T1 e quatro para T2, segundo a NBR13279 (ABNT, 2005). Os resultados estão apresentados na Tabela 7. O traço T1 foi superior em ambos os ensaios.

Tabela 7 – resultados de resistência à tração na flexão e compressão axial para T1 e T2

Índice médio	Tração na flexão (MPa)	Compressão axial (MPa)
Traço padrão (T1)	0,654	2,522
Traço com cinza (T2)	0,630	1,591

Baseado nos estudos de Olugbenga e Akimwole (2010) e de Dwivedi et al. (2006) a cinza utilizada neste trabalho proveniente de uma queima descontrolada serviu somente como material inerte.



Figura 6. – ensaio de resistência à compressão Figura 7. – Ensaio de resistência à tração na flexão

5.5.3. Retração linear

Para assegurar de que o solo não interferiu negativamente em todos os resultados, foi feito um ensaio de retração linear com uma fração de argila passada na peneira #10 (1,68 mm) e outro para a argamassa padrão. Podemos afirmar que a retração espontânea do solo é pequena e dentro dos índices aceitáveis, com valor de 2,5% (Figura 8) estando totalmente dentro dos padrões aceitos pela construção com terra, onde o recomendado é um valor menor que 4% (Minke, 2001).



Figura 8 – Comparativa entre os ensaios de retração linear da fração argilosa da terra.

6. CONCLUSÕES

Na análise dos resultados obtidos em laboratório ficou evidente em todos os ensaios, que o traço T1 (traço sem cinzas de bambu) teve um comportamento superior ao traço T2 (traço com cinzas de bambu). Isso indica que a quantidade e principalmente a qualidade da cinza utilizada atuou de forma negativa na mistura. O bambu incinerado sem controle resultou em um material inerte que desempenhou apenas o papel de agregado fino. A combinação da cinza com a areia artificial, que também apresenta excesso de finos, resultou em uma mistura menos resistente.

Para se afirmar ao certo o papel desempenhado pela cinza de bambu utilizada, são necessárias mais investigações com outras técnicas de queima e de análise, tais como DRX e análise química, para maior conhecimento dos compostos encontrados no material utilizado.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas (1996). *NBR 13749 - Revestimentos de paredes e tetos de argamassas inorgânicas*. Rio de Janeiro: ABNT

Associação Brasileira de Normas Técnicas (1998). *NBR 7200 - Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Procedimento*. Rio de Janeiro: ABNT

Associação Brasileira de Normas Técnicas (2001). *NBR 13281 Argamassas para assentamento e revestimento*. Rio de Janeiro: ABNT

Associação Brasileira de Normas Técnicas (2003). *NBR 7175 Cal hidratada para argamassas*. Rio de Janeiro: ABNT

Associação Brasileira de Normas Técnicas (2005). *NBR 13279 Argamassa para assentamento – Resistência à compressão*. Rio de Janeiro: ABNT

Barbosa, N.P, Ghavami, K, (2010). *Terra Crua para Edificações*. Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais, Cap. 48. São Paulo: ed. G.C. Isaia. 2.ed., IBRACON, 2v.

Cincotto, M. A.; Quarcioni, V. A.; John, V. M. (2010). *Cal na construção civil*. Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais. Cap. 22. São Paulo: ed. G.C. Isaia. 2.ed. IBRACON, 1v.

CRATerre – Centre International de la Construction en Terre. (1979). *Construire en terre*. Paris.

Dwivedi, V.N. et al, (2006) *A new pozzolanic material for cement industry: Bamboo leaf ash – India: International Journal of Physical Sciences Vol. 1 (3), November, pp. 106-111.*

- Guedes, A. B. (2000). *Fabricação e controle de qualidade de cal e cimento*. Salvador: Universidade Federal da Bahia – Química Industrial I
- Guimarães, J. E. P. (2002). *A cal – fundamentos e aplicações na engenharia civil*. 2ª ed. São Paulo: Ed. PINI.
- Mehta, P. K.; Monteiro, P. J. M. (1994). *Concreto: estrutura, propriedades e materiais*. São Paulo: PINI.
- MINKE, G. (2001). *Manual de construcción en tierra: la tierra como material de construcción y sus aplicaciones en la arquitectura actual*. Montevideo: Nordan-Comunidad.
- Neves, C. M. M.; Faria, O. B.; Rotondaro, R.; Cevallos, P. S.; Hoffmann, M. V. (2009). *Seleção de solos e métodos de controle na construção com terra – práticas de campo*. Rede Ibero-americana PROTERRA.
- Olugbenga, O. A.; Akimwole, A. A. (2010). *Characteristics of bamboo leaf ash stabilization on lateritic soil in highway construction*. Nigéria: International Journal of Engineering and Technology Vol.2(4), pp. 212-219.
- Rodrigues, M. S. (2008). *Caracterização de cinza residual da queima de casca de arroz para a produção de argamassa*. Dissertação (mestrado). Campinas: Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola.
- Silva, N. G.; Buest, G.; Campiteli, V. C. (2005). *Argamassas com areia britada: influência dos finos e da forma das partículas*. VI Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas / I International Symposium on Mortars Technology, Florianópolis.
- Souza, J. de (2008). *Estudo da durabilidade de argamassas utilizando cinzas e casca de arroz*. Campina Grande.

AUTORES

Michel Habib Ghattas, Arquiteto e urbanista graduado pela FAAP, bioconstrutor, instrutor de cursos de bioconstrução e colaborador instrucional no curso de Pós-graduação em Construções Sustentáveis da FAAP. +55-11-9229-1555, mhabib@terra.com.br.

Ademir Almeida, Técnico de laboratório, Departamento de Arquitetura e Construção, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Av. Albert Einstein, 951 - Caixa Postal: 6021 - CEP: 13083-852 - Campinas - SP, +55-19-35212367, aalmeida@fec.unicamp.br

Gladis Camarini, Professora Associada, Departamento de Arquitetura e Construção, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Av. Albert Einstein, 951 - Caixa Postal: 6021 - CEP: 13083-852 - Campinas - SP, +55-19-35212361, camarini@fec.unicamp.br



USO DO RESÍDUO DE MINÉRIO DE FERRO COMO ESTABILIZANTE DE SOLO DA REGIÃO DO PANTANAL SUL MATO-GROSSENSE

Milani, Ana Paula da Silva¹ ; Silva, Thiago de Souza da²

¹ Professora Adjunta – Centro de Ciências Exatas e Tecnologias, UFMS – ana.milani@ufms.br

² Aluno Iniciação científica - Centro de Ciências Exatas e Tecnologias, UFMS – thiagosouza606@yahoo.com.br

Palavras-chave: resíduo industrial, reaproveitamento, solo-cimento

Resumo

Visando à contribuição para o desenvolvimento sustentável, o presente trabalho estudou uma destinação adequada para o resíduo da lavagem de minério de ferro, conhecido como lama de minério de ferro. Nesta pesquisa procurou-se estabilizar o solo da região do Pantanal Sul Mato-grossense (intitulado neste artigo como solo pantaneiro) com esta lama, para posteriormente utilização na confecção de blocos prensados de terra (blocos de solo-cimento). Buscando estabilizar os blocos de solo-cimento-lama de minério de ferro, foi realizado estudo de dosagem a partir da substituição do solo pantaneiro em porcentagens de 0%, 10%, 20% e 30% de lama de minério de ferro, estabilizado com 6% e 10% de cimento Portland. Conforme análise dos resultados, pôde-se concluir que o teor de 20% de lama de minério de ferro melhorou significativamente as propriedades físico-mecânicas da mistura, sendo assim o traço de 20% lama + 80% solo estabilizado com 6% ou 10% de cimento recomendado para a produção de componentes construtivos.

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

Segundo a IBRAN (2010), a produção mineral brasileira (PMB) atingiu novo recorde ao totalizar US\$ 40 bilhões (valor estimado), o que configura um aumento de 67% se comparado ao valor registrado em 2009: US\$ 24 bilhões. O setor de mineração é responsável por mais de 50% do saldo da balança comercial brasileira, sendo que o minério de ferro ocupa o 1º lugar na lista de produtos que geram as maiores rendas nas exportações brasileiras. Na produção mundial de minério de ferro, o Brasil está em 2º lugar, sua produção em 2010 é estimada em 370 milhões de toneladas, o que equivale a 16% do total mundial (2,3 bilhões de toneladas). Ainda segundo o Ministério de Minas e Energia (MME), a capacidade de produção de minério de ferro do país pode chegar a um bilhão de toneladas em 2030.

Toda essa exploração do minério de ferro gera resíduos, que ficam em bacias de decantação ocupando áreas cada vez maiores. Conforme Lima (2002), o método de lavra do minério de ferro eluvial que ocorre no topo do morro Urucum no município de Corumbá/MS é do tipo céu aberto e é realizado por meio de bancadas com altura máxima de 10 metros, não havendo necessidade de explosivos nesta exploração, pois o minério já se encontra naturalmente desagregado.

O processo de beneficiamento do ferro consiste em britagem, lavagem e peneiramento. O minério de ferro é britado e peneirado em peneiras vibratórias, em processo úmido, sendo gerados os produtos: ferro granulado ($6,35\text{mm} \leq \varnothing \leq 38,10\text{mm}$), hematitinha ($6,35\text{mm} \leq \varnothing \leq 9,52\text{mm}$), sinter-feed ($\varnothing \leq 6,35\text{mm}$) e lama de minério de ferro.

O sistema de tratamento da lama funciona da seguinte maneira: a lama efluente da lavagem do minério de ferro é levada por gravidade através de canaletas até um espessador, onde a parte mais sólida sedimenta e é escoada por meio de tubulações até as bacias de decantação situadas no pé do morro e a parte mais líquida retorna ao processo de lavagem do minério de ferro através de bombeamento.

O volume de água consumido no processo é de aproximadamente 60 m³/hora, sendo 60% reciclada e 40% lançada nas bacias de decantação. Como a operação da unidade de lavagem é contínua (24 horas/dia, 7 dias/semana), obtém-se um volume diário de lama da ordem de 576 m³. Segundo análise da Empresa Urucum Mineração S/A, a lama é constituída de aproximadamente 40% de materiais sólidos e 60% de água. Nas bacias de decantação, a água evapora e os materiais sólidos sedimentam, donde se obtém, finalmente, um volume de materiais sólidos em torno de 230 m³/dia.

Ainda segundo Lima (2002), todos os produtos gerados na extração do minério de ferro, com exceção da lama, têm aplicações comerciais, sendo vendidos nos mercados interno e externo. Desta forma, como a lama não tem aplicação comercial, é depositada em bacias de decantação que com a sua utilização acabam cheias, demandando novas áreas para a implantação de novas bacias.

Estudos desenvolvidos por Freire et al (2010) e Aristimunho et al (2010) descrevem a potencialidade desta lama de minério de ferro na aplicação em argamassas e concretos, sendo que, em traços de concreto analisados pelos referidos autores, com a substituição de 20% da areia natural por pó de lama da lavagem do minério obtém-se resistência superior ao traço referência à compressão simples. Já o aproveitamento da lama de minério de ferro na forma de pó em argamassa é viável quando aplicado em adição de 8% e substituição de 20% da areia, pois melhora a resistência à compressão da argamassa, sem interferir significativamente no índice de consistência e na massa específica real.

Baseado na potencialidade deste resíduo na confecção de materiais para construção civil, a presente pesquisa pretende buscar uma alternativa eficaz para destinação desta lama de minério de ferro empregando-a juntamente com o cimento Portland na estabilização do solo pantaneiro, sendo como principal objetivo definir e recomendar traços de solo pantaneiro-cimento-lama de minério de ferro para a fabricação de blocos de terra comprimida.

2. MATERIAIS E METODOLOGIA

O solo utilizado foi o solo pantaneiro retirado de uma jazida situada na cidade de Corumbá – MS. O cimento utilizado foi o CII-F 32, da marca Itaú.

O resíduo lama de minério de ferro foi proveniente do processo de beneficiamento de ferro da Mineração Urucum S/A pertencente à Companhia Vale do Rio Doce, sediada no morro Urucum no município de Corumbá - MS.

Foram realizados os seguintes ensaios para caracterização do solo pantaneiro:

- Preparação de amostras para caracterização, conforme NBR 6457 (1986);
- Análise granulométrica conforme recomendação da norma NBR 7181 (1984);
- Limite liquidez (NBR 6459, 1984) e limite de plasticidade (NBR 7180, 1984);
- Massa específica dos sólidos conforme recomendação da norma NBR 6508 (1984);
- Massa unitária NBR NM 45 (2006).

Para caracterização da lama de minério de ferro foram realizados os seguintes ensaios:

- Preparação de amostras para caracterização conforme NBR 6457 (1986);
- Análise granulométrica, conforme recomendação da norma NBR 7181 (1984);
- Massa específica frasco de Chapman NBR 9776 (1987);
- Massa específica frasco de Le Chatelier NBR NM 23 (2001);
- Massa unitária NBR NM 45 (2006);
- Pozolanicidade com cimento NBR 5752 (1992).

Para as misturas de solo-cimento-lama minério de ferro foram adotadas a umidade ótima e massa específica seca máxima determinadas no ensaio de compactação de Proctor normal, conforme recomendação da norma NBR 7182 (1986).

O estudo de dosagem baseou-se nas quantidades usadas por Souza (2006), onde usou a substituição do solo por 20%, 40% e 60% de resíduos de construção, e três teores de cimento (6%, 8% e 10%) em relação à massa da mistura solo-resíduo. Na presente pesquisa optou-se pela substituição do solo pantaneiro por resíduo de minério de ferro nas proporções de 10%, 20% e 30%, e foram usadas as quantidades de 6% e 10% de cimento em relação à massa da mistura solo-resíduo de minério de ferro.

Após a definição das proporções, realizou-se para cada mistura de solo-cimento-resíduo de minério de ferro o ensaio de compactação Proctor normal para determinação da umidade ótima, a qual foi utilizada na determinação da quantidade de água a ser usada para confeccionar corpos-de-prova cilíndricos (\varnothing 5 cm x 10 cm altura). Para cada uma das combinações de misturas foram confeccionados 3 corpos-de-prova que foram curados nas idades de 7, 28 e 90 dias, para posterior aplicação do ensaio de compressão simples (NBR 12025, 1990) e 3 corpos-de-prova para cada combinação de mistura curados por 90 dias para posterior aplicação do ensaio de absorção de água (NBR 13555, 1996).



Figura 1. Amostras de solo pantaneiro e lama de minério de ferro



- 1 - 10% cimento + 100% solo
- 2 - 6% cimento + 100% solo
- 3 - 6% cimento + 10% ferro+ 90% solo
- 4 - 10% cimento + 30% ferro+ 70% solo
- 5 - 6% cimento + 30% ferro+ 70% solo
- 6 - 6% cimento + 20% ferro+ 80% solo
- 7 - 10% cimento + 10% ferro+ 90% solo
- 8 - 10% cimento + 20% ferro+ 80% solo

Figura 2. Corpos de prova das misturas de solo-cimento-lama de minério de ferro

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O ensaio de granulometria e sedimentação conjunta revelou que a composição granulométrica do solo pantaneiro foi de 50,1% de areia, 30,8% de argila e 19,1% de silte, já os ensaios de limites de Atterberg revelaram um limite de liquidez de 31,0% e índice de plasticidade de 8,8%. A massa específica a 20°C do solo foi de 2,868 g/cm³, e a massa unitária de 1,22 g/cm³. De acordo com o diagrama trilinear (ou triangular) do Bureau of Public Roads- EUA, o solo pantaneiro foi classificado como uma argila-arenosa e de acordo com a classificação HRB (Highway Research Board), que foi proposta para avaliar solos para estradas, o solo pantaneiro recebeu classificação A4.

Já para a lama de minério de ferro a granulometria revelou a composição em percentual de 63,4% argila, 32,8% de areia e 3,8% de silte. Se for considerada como solo, pelo diagrama trilinear (ou triangular) do Bureau of Public Roads- EUA, receberia a classificação de argila. A massa específica foi determinada através de dois ensaios para que se pudesse ter uma média dos valores, a média da massa específica da lama de minério de ferro entre os ensaios com frasco de Chapman e o frasco de Le Chatelier foi de 3,608 g/cm³, e sua massa unitária foi de 1,66 g/cm³.

Conforme Lima (2002), a amostra da lama resultante da lavagem do minério de ferro proveniente do morro do Urucum, em Corumbá/MS, quando submetida à microscopia de varredura – MEV aumentada 300 vezes (Figura 3), apresenta, de modo geral, uma estrutura floculada com partículas aglomeradas de dimensões inferiores a 5 micrômetros. Quando aumentada 4800 vezes (Figura 3), a estrutura da amostra apresenta-se sob a forma de sólido formado por plaquetas superpostas e por partículas dispostas de dimensões inferiores a 0,5 micrômetros. A Tabela 1 mostra a análise química média mensal realizada pela própria mineradora.

Tabela 1. Composição química do minério de ferro do morro do Urucum, em % em massa

Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	K ₂ O	P	Mn	CaO	Na ₂ O	MgO	S	PPC
65,99	2,37	1,73	0,12	0,10	0,05	0,05	0,03	0,03	0,02	0,01	29,50

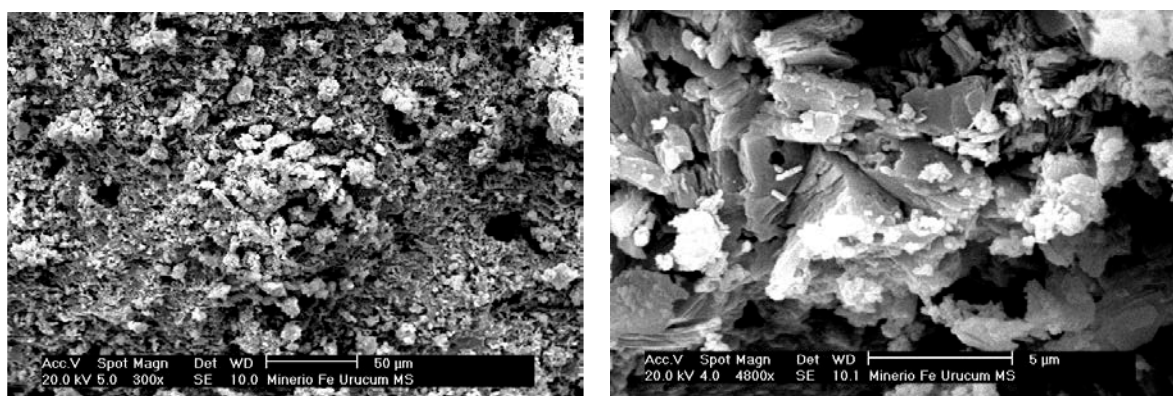


Figura 3. Micrografia da amostra da lama vermelha – Urucum (300x) e (4800x), (Lima 2002)

Observa-se, na Tabela 2, que quando se compara os traços sem lama de minério de ferro com os que a contém, existe um aumento gradativo da massa da massa específica seca, isto se deve ao elevado peso específico da lama de minério de ferro, conferindo assim maior robustez ao corpo-de-prova conforme o aumento de lama na composição.

Tabela 2. Umidade ótima (wot) e massa específica seca máxima (γ_{\max}) das misturas

Composição	wot (%)	γ_{\max} (g/cm ³)
6% cimento + 100% solo	18,7	1,738
10% cimento + 100% solo	18,8	1,763
6% cimento + 10% lama+ 90% solo	17,8	1,786
10% cimento + 10% lama+ 90% solo	19,1	1,774
6% cimento + 20% lama+ 80% solo	18,4	1,826
10% cimento + 20% lama+ 80% solo	17,6	1,831
6% cimento + 30% lama+ 70% solo	19,6	1,827
10% cimento + 30% ferro+ 70% solo	18,6	1,859

Tabela 3. Resistência média à compressão simples das misturas solo-cimento-lama.

Resistência Média à Compressão - RM (MPa)							
Composição		7 dias		28 dias		90 dias	
		6%	10%	6%	10%	6%	10%
100% solo	RM	1,49	1,91	1,53	2,29	2,76	3,65
	DP	0,07	0	0	0,25	0,07	0,29
	C.V.	4,95	0	0	11,11	2,66	8,06
10% lama + 90% solo	RM	1,46	2,08	1,61	3,18	2,76	3,44
	DP	0,09	0,19	0,07	0,13	0,27	0,13
	C.V.	6,18	9,35	4,56	4,00	9,61	3,7
20% lama + 80% solo	RM	1,44	2,04	2,36	3,76	3,18	5,52
	DP	0,19	0,13	0,09	0,09	0,13	0,37
	C.V.	13,48	6,25	3,82	2,4	4,00	6,66
30% lama + 70% solo	RM	1,40	2,04	2,16	2,61	2,93	4,07
	DP	0	0,13	0,13	0,27	0,18	0,25
	C.V.	0	6,25	5,88	10,35	6,15	6,25

RM – resistência média à compressão simples (MPa)

DP – Desvio Padrão

C.V. – coeficiente de variação (%)

Analisando-se a Tabela 3, na idade de 7 dias, independente do teor de cimento, a adição de lama de minério de ferro no solo não interferiu significativamente na resistência mecânica. Nota-se ainda que o teor de 10% de cimento aumenta significativamente as resistências das composições de solo-lama minério. Tais comportamentos referem-se às primeiras reações de hidratação do cimento e da reorganização física entre as partículas de solo e lama de minério de ferro.

Na idade de 28 dias (Tabela 3), as reações pozolânicas começam a se manifestarem, sendo que, independente do teor de cimento, conforme o aumento da substituição do solo por lama de minério, maior foi o aumento de resistência à compressão, havendo um pico para a composição de 20% lama + 80% solo. Acredita-se que a queda de resistência da composição de 30% lama + 70% solo foi devido à maior presença de finos e por consequência, as reações de pozolanicidade foram insuficientes para recobrir toda a área de filler presente na mistura.

Aos 90 dias de idade (Tabela 3), houve o mesmo comportamento, sendo que todas as resistências aumentaram com o decorrer do tempo, confirmando o provável efeito de estabilização e ocorrência de reações pozolânicas entre o cimento e argilo-minerais do solo e entre o cimento e sílica presente na lama de minério de ferro.

Destaca-se ainda, que independente do teor de lama de minério e da idade, a estabilização com 10% de cimento reflete em melhor desempenho mecânico das misturas frente ao uso de 6% de cimento.

Apesar do ensaio de pozolanicidade com cimento (NBR 5752, 1992) apresentar baixo índice de pozolanicidade para o resíduo lama de minério de ferro – valor de 58,8%, destaca-se a composição com adição de 20% de lama de minério de ferro, sendo seu desempenho muito superior ao de solo-cimento, em todos os casos, corroborando as reações de pozolanicidade.

Tabela 4. Capacidade de absorção de água das misturas aos 90 dias de idade

Composição	Média (%)	Desvio Padrão	Coefficiente Variação (%)
6% cimento + 100% solo	17,15	0,17	0,98
10% cimento + 100% solo	16,75	0,19	1,12
6% cimento + 10% ferro+ 90% solo	17,44	0,11	0,64
10% cimento + 10% ferro+ 90% solo	16,81	0,55	3,26
6% cimento + 20% ferro+ 80% solo	17,22	0,63	3,68
10% cimento + 20% ferro+ 80% solo	16,38	0,89	5,44
6% cimento + 30% ferro+ 70% solo	18,24	0,61	3,35
10% cimento + 30% ferro+ 70% solo	17,37	0,54	3,10

Na Tabela 4 observa-se a ocorrência de variação na absorção de água conforme a quantidade de cimento e lama. É visível que o aglomerante cimento diminui a absorção em todos os casos, e ocorre também uma variação na absorção conforme a quantidade de lama, para os traços de 10% e 30% de lama a absorção aumenta, mais o traço de 20% de lama com 10% de cimento tem desempenho em absorção melhor que o do traço sem lama, isto confirma com o já notado nas outras tabelas, que o traço com 20% de lama é o que melhor estabilizou a mistura solo-cimento-lama de minério de ferro.

4. CONCLUSÕES

Conforme análise dos resultados, pode-se concluir que o teor de 10% de lama de minério de ferro foi insuficiente para ocorrências significativas de reações pozolânicas nas misturas de solo-cimento-lama de minério de ferro, já o teor de 30% de lama de minério de ferro aumentou consideravelmente o teor de finos da composição, não contribuindo para a melhora do desempenho físico-mecânico das misturas de solo-cimento-lama de minério de ferro. No entanto, recomenda-se para desenvolvimento de componentes construtivos a composição com a substituição do solo pelo teor de 20% de lama de minério de ferro e estabilizados com 6% ou 10% de cimento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARISTIMUNHO, P.B.; BERTOCINI, S.R.; RONDON, O.C.; MILANI, A.P.S; LIMA, J.F. (2010). Aplicação de lama de minério de ferro em forma de pó na presença de cimento Portland. 52 Congresso Brasileiro do Concreto. Anais...IBRACON, Fortaleza, CE.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5752 (1992). Materiais pozolânicos - Determinação de atividade pozolânica com cimento Portland – Índice de atividade pozolânica com cimento. Rio de Janeiro. 4p.

_____. NBR 6457 (1986). Amostra de solo – Preparação para ensaios de compactação e de caracterização. Rio de Janeiro. 9p.

_____. NBR 6459 (1984): Solo – Determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro. 6 p.

_____. NBR 6508 (1984): Grãos de solos que passam na peneira de 4,8 mm – Determinação da massa específica. Rio de Janeiro, 1984. 7 p.

_____. NBR 7180 (1984). Solo -Determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro. 3p.

_____. NBR 7181 (1984). Solo – Análise Granulométrica. Rio de Janeiro. 13 p.

_____. NBR 7182 (1986). Solo – Ensaio de compactação. Rio de Janeiro. 10 p.

_____. NBR 8492 (1984). Tijolo maciço de solo-cimento - Determinação da resistência à compressão e absorção de água. Método de Ensaio. Rio de Janeiro. 4p.

_____. NBR 9776 (1987). Agregados - Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco de Chapman. Rio de janeiro. 3p.

_____.NBR 12025 (1990). Solo-cimento - Ensaio de compressão simples de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro. 2 p.

_____. NBR 13555 (1996). Solo - ensaio de absorção. Rio de janeiro. 8p

_____.NBR NM23 (2001). Cimento Portland e outros materiais em pó- Determinação da massa específica. Rio de Janeiro. 5p.

_____.NBR NM45 (2006). Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro, 2006. 8p.

FREIRE, M.A.; BERTOCINI, S.R.; RONDON, O.C.; MILANI, A.P.S.; NOMIYAMA, A.A. (2010). Aplicação de lama de minério de ferro em forma de pó em concreto de cimento portland. 52 Congresso Brasileiro do Concreto. Anais...IBRACON, Fortaleza, CE.

IBRAM (2010). Instituto Brasileiro de Mineração Disponível em: <www.ibram.org.br>. Acesso: 16 de dezembro de 2010.

LIMA, J.F. (2002). Aproveitamento da Lama de Lavagem do Minério de Ferro: Estudo de Caso na Mineração Urucum – Corumbá, MS. Florianópolis. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós – Graduação em Engenharia Civil – UFSC.

SOUZA, M.I.B. (2006). Análise da Adição de Resíduos de Concreto em Tijolos Prensados de Solo-Cimento. Programa de pós graduação em engenharia civil – Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, faculdade de engenharia de Ilha Solteira, Ilha Solteira, 2006.

AUTORES

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.

Thiago de Souza da Silva, aluno de graduação do curso de engenharia civil da UFMS, resultados de sua iniciação científica sob orientação da professora Ana Paula da Silva Milani.



AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-MECÂNICAS DE ADOBE REFORÇADO COM FIBRAS VEGETAIS DO COCO VERDE

Ferreira, Saulo Rocha¹; Oliveira, Sarah Silva²; Silva, Adeildo Cabral³

(1) Mestrando – Departamento de Eng. Civil, UEFS – ferreira.sr@hotmail.com, (21) 8088-0904

(2) Graduanda – Departamento de Construção Civil, IFCE, sarah.saraholiveira@gmail.com

(3) Professor Adjunto - Departamento de Construção Civil, IFCE, cabral@ifce.edu.br

Palavras-chave: Resíduos agroindustriais, Fibra de coco-verde, Adobe

Resumo

A utilização de terra como material de construção apresenta vantagens socioeconômicas, bem como vantagens técnicas, por permitir satisfatório conforto térmico à habitação, proporcionando economia de energia e combustível, pois o mesmo é produzido *in loco*. O presente trabalho consiste em uma investigação experimental na avaliação das propriedades físicas e mecânicas de adobe manual reforçados de fibras vegetais do coco verde. O resíduo do coco é utilizado para conferir uma maior resistência bem como evitar o sobrecarregamento dos aterros sanitários, pois o mesmo representa 9% do resíduo sólido domiciliar da cidade de Fortaleza-CE. Foram confeccionados 6 tijolos com fibras no traço de 10% e 20% em volume e 6 tijolos sem fibras, matriz, como amostra de referência, baseado na norma NBR 8492 (ABNT, 1984). As amostras, após o período de secagem, uma semana a sombra e uma semana ao sol, foram submetidas ao teste de resistência mecânica, tendo como referência a NBR 8492 (ABNT, 1992). Obtiveram-se resultados satisfatórios apresentando resistências entre 1 MPa a 2,1 MPa, o que permite inferir que possuem qualidade tanto em resistência como no aspecto estético, comprovando sua viabilidade como alvenaria na construção.

1. INTRODUÇÃO

O crescente desmatamento sobre as florestas tropicais bem como a extração de matérias primas minerais causadas pela expansão demográfica atual vem ocasionando, de forma inevitável, um maior consumo de recursos naturais para suprimento de toda a população. Uma quantidade maior de consumo acarreta em uma quantidade maior de resíduos produzidos por vários setores que venham a suprir as necessidades das pessoas como alimentação, lazer, vestimentas e outros. Junto a isso, o aumento da utilização de matérias primas por parte da indústria da construção civil vem causando crescente degradação do meio ambiente e, conseqüentemente, das condições climáticas atuais. O déficit habitacional e a extrapolação da capacidade dos aterros sanitários, decorrentes do aumento da produção de resíduos, são problemas decorrentes de tal acréscimo populacional. Tendo em vista que a obtenção de minérios para a produção de materiais da construção civil é um procedimento poluente e de alto consumo de energia, o uso de fibras incorporadas aos tijolos de adobe visa contribuir com a aplicação de um material de grande potencial ecológico.

De acordo com Soares (2007), o consumo do coco verde em Fortaleza varia entre 700 mil e um milhão de unidades mensais, chegando a atingir 9% dos resíduos sólidos domiciliares. Torna-se cada vez mais necessário inserir tecnologias alternativas que visem amenizar os impactos causados pela produção de resíduos, independente de sua origem. É necessário uma intensa busca para aquisição de tecnologias que venham solucionar os diversos problemas ocasionados pelo aumento na produção de resíduos bem como implementar e compartilhar as questões de responsabilidade ambiental e social, atendendo assim as

premissas da sustentabilidade. Entre várias soluções, o reaproveitamento vem sendo um dos métodos mais importantes e discutidos entre pesquisadores, sendo a construção civil um dos setores com maior potencial para absorver os resíduos industriais e agro-industriais.

O adobe é desenvolvido com a matéria prima terra, secada ao sol, oferecendo diversas vantagens: econômica, devido sua matéria prima ser abundante e de custo baixíssimo; energética, por poder ser produzida no próprio local, dispensando o custo com transportes e sem precisar usar forno, pois a terra dispensa a queima de qualquer combustível, assim obtendo grande economia de energia; sócio-cultural, as tecnologias de adobe permitem reduzir os custos da habitação social, podendo o próprio usuário produzir sua habitação; desempenho físico do material, as habitações em terra possuem, comprovadamente, excelente conforto térmico e acústico.

Segundo Faria et al (2005), o custo do tijolo de adobe é de R\$ 0,03 unidade enquanto que o custo do tijolo cerâmico alveolar custa R\$ 0,195 (Tabela 1).

Tabela 1. Tabela de gastos no processo de produção (Faria et al., 2005)

Modalidade	Tijolo de Adobe	Tijolo Alveolar
Tipo de energia gasta na produção	Energia humana e solar	Energia elétrica e térmica
Tipo de combustível gasto no transporte	Óleo diesel	Óleo diesel
Quantidade de combustível gasto no transporte	7 litros	77 litros

Em associação à terra os produtos residuais que possuem alto teor de fibras em sua composição podem gerar vários compósitos como tijolos e telhas de menor custo em relação aos mesmos produtos presentes no mercado, obtendo também vantagem de possuir boa qualidade, preço acessível e estarem em harmonia com o meio ambiente.

Resíduos lignocelulósicos, oriundos da produtividade agrícola, são os maiores cotados para utilização em reforços de matrizes frágeis, bem como para estabilização de tijolos de terra e de demais tipologias que utilizem solos. No desenvolvimento desta pesquisa, optou-se por utilizar a fibra de coco, uma vez que esta tem grande representatividade nos resíduos gerados na cidade de Fortaleza-CE.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Construções em terra

A construção em terra é a técnica construtiva mais antiga e mais amplamente utilizada pelo Homem em todo o mundo. As construções em terra estão presentes desde que o homem sentiu necessidade de construir seu abrigo, ao invés de usar apenas aqueles oferecidos pela natureza. Blocos de pedras, montados e alinhados, constituíram uma das formas mais primitivas para a execução de muros e paredes. Em locais onde era difícil se obter pedras, os muros foram erguidos com o emprego dos materiais disponíveis, principalmente a terra e a madeira.

A arquitetura, bem como a construção civil e entidades tecnológicas estão buscando alternativas “limpas” para reverter problemas habitacionais e ambientais. A reabilitação de técnicas milenares, como a do adobe, e a criação de novas tecnologias e materiais são maneiras de continuar o desenvolvimento, de forma sustentável.

2.2 Adobe

O adobe, material vernacular, usado na construção civil é considerado um dos antecedentes históricos do tijolo de barro e seu processo construtivo é uma forma rudimentar de alvenaria. Era um material de construção freqüente nas civilizações do crescente fértil, em especial no Antigo Egito e Mesopotâmia, construídos com barro e palha, tornando-os mais resistentes, além do fator climático das regiões, que fazia com que os blocos secassem rapidamente em virtude do clima seco.

Utiliza-se preferencialmente o solo pouco argiloso e muito arenoso, o qual é misturado com água até a obtenção de um barro. O amassamento é feito em geral com os pés e depois o barro é moldado em fôrmas com as mãos. A desfôrma é feita logo em seguida. Os blocos são depositados à sombra, por uma semana, e depois ao sol, até ocorrer à secagem completa.

Segundo Battistelle (2002), tradicionalmente são adicionados ao barro fibras, palhas picadas e até mesmo estrume fresco de animais, de maneira a garantir uma melhor homogeneidade da mistura, melhorando a resistência ao impacto, diminuindo o aparecimento de fissuras e a retração dos blocos durante a secagem. Na presente pesquisa, a fibra utilizada foi a do coco verde (*Cocos nucifera L.*). Para desenvolvê-la, usa-se a mesma técnica citada anteriormente que, segundo Soares (2007), tende a criar espaços vitais adaptando suas respostas arquitetônicas e construtivas a partir das características e propriedades dos solos, principalmente no que se refere aos aspectos hídricos e de composição granulométrica sem, contudo, queimá-la ou submetê-la ao fogo.

2.3 Estudo do solo

A análise do solo consiste em estudos de sua composição química e suas fisionomias físicas na qual esta é feita através do recolhimento de amostras e da análise para a determinação de sua composição granulométrica e suas propriedades físicas. Tais análises são de suma importância, não só para o presente trabalho, mas como para toda construção com terra, pois com os resultados da mesma pode-se ter um maior controle e, conseqüentemente, satisfatório.

As características mais relevantes para a escolha de um solo são: a granulométrica, que estabelece um parâmetro de medição das dimensões dos grãos que compõem o solo; plasticidade, que é definida de maneira simplificada, como a facilidade do solo de ser moldado ou não, ou seja refere-se à habilidade do solo de submeter-se a uma deformação sem apresentar fissuras, o que depende da relação entre os grãos (maiores quantidades de argila ou areia) e também da porcentagem de água inserida na mistura; compactação, que é a relação da resistência do solo e o seu grau de compacidade quando comprimido por um determinado esforço. Quanto maior a compressão, menos será a porcentagem de vazios e a porosidade da mistura, ao contrário da densidade que aumenta.

2.4 O solo do município de Maranguape

O tipo de solo utilizado para a pesquisa foi coletado em Maranguape-CE, no Conjunto comunitário Vilaes da Serra, Maranguape – CE, localizado nas coordenadas: 3°53'7.09" (latitude Sul) e 38°40'23.06" (longitude Oeste), após estudos prévios sobre a distribuição tipológica de solos na cidade.

A tipologia do solo em estudo, denominada Complexo Granítico Migmático, é encontrada em quase toda a região do município de Maranguape e se distribui na porção ocidental da Região Metropolitana de Fortaleza (Brandão,1995).

2.5 Resíduo do coco verde

De acordo com a EMBRAPA (2008), as cascas do coco verde correspondem a 80% do peso bruto do fruto. No entanto, ao contrário das cascas de coco seco que são utilizadas tradicionalmente para a produção de pó e fibra, o resíduo do coco verde é descartado (Figura 1). O material vem sendo disposto em aterros e lixões, o que vem provocando um enorme problema aos serviços municipais de coleta de lixo, em função, principalmente, do grande volume. Segundo informações do Grupo de Coco do Vale, a área plantada no país com a variedade anão, destinada à água-de-coco, aumentou para cerca de 57 mil hectares, dos quais cerca de 33 mil encontram-se no Nordeste do Brasil. O desenvolvimento de alternativas de aproveitamento da casca de coco verde possibilita a redução da disposição de resíduos sólidos em aterros sanitários e proporciona uma nova opção de rendimento junto aos sítios de produção.

O processo de obtenção do pó e da fibra da casca de coco verde é feito mecanicamente com a utilização de um conjunto de equipamentos desenvolvidos em parceria da Embrapa Agroindústria Tropical com a metalúrgica FORTALMAG. A produção de pó e fibra da casca de coco verde é constituído basicamente de três etapas: trituração, prensagem e seleção.

De acordo com a EMBRAPA (2008), a fibra do coco verde pode ser usada na confecção de diversos produtos de utilidade para a agricultura, indústria e construção civil, em substituição a outras fibras naturais e sintéticas. A fibra, tecida em forma de manta é um excelente material para ser usado em superfícies sujeitas à erosão provocada pela ação de chuvas ou ventos, como em taludes nas margens de rodovias e ferrovias, em áreas de reflorestamento, em parques urbanos e em qualquer área de declive acentuado ou de ressecamento rápido. Compósitos reforçados com fibras naturais podem ser uma alternativa viável em relação aqueles que usam fibras sintéticas como as fibras de vidro. As fibras naturais podem conferir propriedades interessantes em materiais poliméricos, como boa rigidez dielétrica, melhor resistência ao impacto e características de isolamento térmico e acústico.

Quanto ao viés ambiental, os tijolos de adobe adicionados de fibras vegetais do coco verde podem ser considerados compósitos ecologicamente corretos, pois a adição da fibra representa significativa redução deste resíduo agroindustrial.

A fibra do coco verde foi escolhida devido a seu alto valor na resistência à ruptura, bem como uma tentativa de reutilizada na fabricação de novos compósitos para a construção civil.

De acordo com Soares (2004), uma especificidade do Município de Fortaleza é a presença de 8,68% de coco na caracterização física dos resíduos domiciliares, na qual, atualmente, esse material é quase todo desperdiçado.

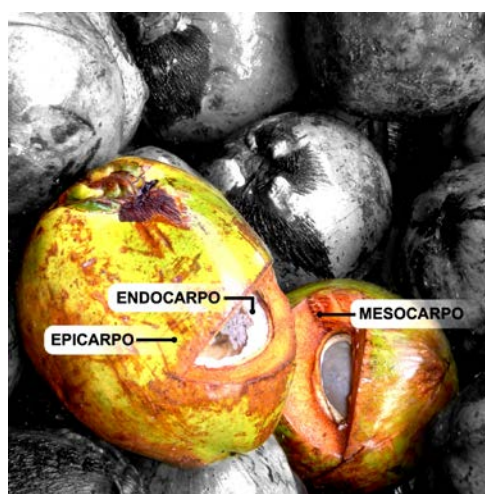


Figura 1. Coco verde: divisão do pericarpo (parte externa) em endocarpo, mesocarpo e epicarpo

3. OBJETIVO GERAL

A presente pesquisa objetivou as análises das propriedades mecânicas dos tijolos de adobes adicionados de fibras vegetais, seguindo metodologia aplicada por Soares (2007) e Battistelle (2002) de duas tipologias de tijolos de adobe; o tijolo de adobe e o tijolo de adobe incorporado com a fibra do coco verde.

Esta investigação aborda a comparação entre os dados obtidos com resultados encontrados pelos autores anteriormente citados, analisando assim a viabilidade da utilização da fibra do coco verde em tijolos de adobe e, conseqüentemente, a sua utilização como vedação.

3.1 Objetivos específicos

No que se refere aos objetivos específicos, este trabalho submeteu o compósito desenvolvido aos ensaios de: caracterização mecânica; resistência à compressão simples; caracterização física; ensaio de intemperismo.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

A fase experimental dos testes na produção dos tijolos foi realizada nas dependências do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE, no Laboratório de Mecânica dos Solos do departamento de Construção Civil.

Os materiais de solo utilizados foram caracterizados quanto à sua composição granulométrica de acordo com estudos de Soares (2007).

Após a coleta do solo, foram realizados testes de granulométrica e da bola, realizados no Laboratório de Mecânica dos Solos no IFCE.

4.1 Avaliação do solo

Teste do vidro (Equivalente de Areia) consiste em um teste expedito, realizado principalmente em campo, baseado na variação da velocidade de sedimentação das partículas em função das suas dimensões, já que partículas maiores tendem a sedimentar mais rápido. Este teste é executado colocando-se uma porção de solo seco, que passa na peneira de 4,8 mm, até cerca de 2/3 do volume de um recipiente de vidro, cilíndrico e transparente. Em seguida, adiciona-se uma solução composta por 557 g de cloreto de cálcio em dois litros de água destilada, no qual 125 ml desta solução é diluída em cinco litros d'água, tampa-se o vidro, agita-se a mistura e depois deixa em repouso, até não se notar mais sedimentação. Medindo-se a altura total de sedimento e das suas várias camadas, estima-se por proporção, as frações de argila, silte e areia.

Quanto ao estado hídrico do solo, foi realizado o teste da bola. Neste teste, uma bola da terra amassada com água é solta em direção ao solo, de altura aproximada de um metro. Em função da forma de espalhamento do barro, verifica-se o teor de umidade do solo. Para a fabricação dos adobes, é necessário que o solo possua bom estado hídrico plástico. A amostra estudada obteve resultado satisfatório em todos os testes realizados.

Para a realização do teste de consistência ideal do barro, deve-se apertar com a palma da mão certa quantidade de mistura. Se ficar com o formato dos dedos e não escorrer água pelos vãos dos dedos, a mistura está com consistência correta. Se escorrer água pelos dedos significa que o barro contém excesso de água ou, se a mistura esfarelar e não moldar o formato dos dedos está com falta de água. Estes testes expeditos fornecem parâmetros preliminares importantes, mas não substituem os ensaios de laboratório, por meio dos quais, obtêm-se informações imprescindíveis, para uma melhor definição da qualidade do produto final que se deseja obter.

Enquanto aguardava-se a fabricação das diferentes fôrmas utilizadas neste trabalho, foram realizadas, simultaneamente, as análises do lodo residual de celulose e papel, cujas ordens de apresentação destas duas etapas, não interferem umas nas outras. Assim, optaram-se inicialmente pela apresentação da produção das fôrmas, e depois os métodos de análises do resíduo.

4.1 Moldagem e fôrmas

As fôrmas utilizadas na moldagem dos tijolos de adobe podem ser confeccionadas com diversos materiais (madeira, ferro e isopor) e, em diferentes modelos (Soares, 2007).

O modelo escolhido para a fabricação dos tijolos foi o de fôrmas múltiplas de madeira do tipo compensado naval, sem acabamento específico, cujas dimensões são 15 cm de largura, 30,5 cm de comprimento e 9,5 cm de altura (Figura 2).

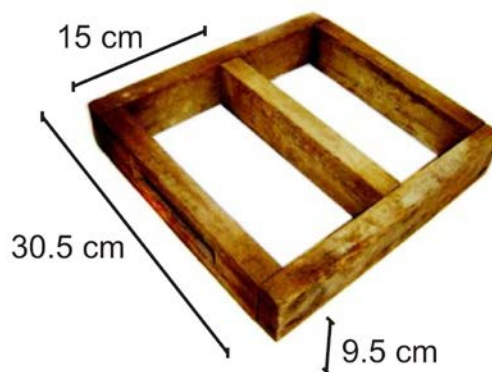


Figura 2. Fôrmas para confecção dos tijolos e suas dimensões

4.2 Disposição do reforço

Segundo Callister (1994), os compósitos reforçados por fibras contínuas alinhadas possuem propriedades mecânicas anisotrópicas. Na direção do alinhamento, a eficiência do reforço e a resistência são máximas, enquanto que na direção perpendicular, são mínimos. Já nos compósitos reforçados por fibras descontínuas, figura 9, as fibras podem ser orientadas preferencialmente ou aleatoriamente. A rigidez e a resistência são significativas nos compósitos reforçados com fibras curtas alinhadas longitudinalmente. As propriedades dos compósitos reforçados por fibras curtas orientadas aleatoriamente são isotrópicas (Figura 3).

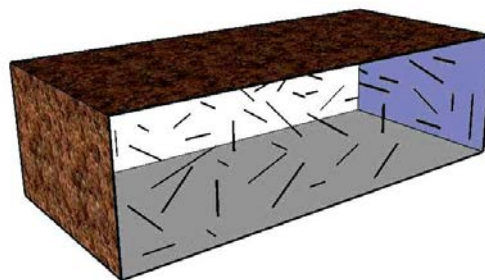


Figura 3. Esquema da disposição randômica das fibras no tijolo de adobe

4.3 Confeção dos tijolos

O solo foi coletado no seu estado natural, passado em uma peneira grossa (# 4 mm) para uma melhor homogeneização e a retirada dos torrões de solo, espalhando-o no piso do galpão como se fosse preparar uma argamassa tradicional. Separadamente, fez-se a introdução do resíduo (fibra do coco verde) no recipiente com água. Ao solo espalhado, acrescentou-se o resíduo com água. O amassamento do barro foi realizado com os pés até se obter plasticidade e trabalhabilidade adequadas.

Após o “repouso” (24 horas), etapa em que o solo é umedecido e homogeneizado, o barro deve ser novamente amassado e, só então, moldado nas fôrmas. Com a mistura preparada, foram lançados em golpes com as mãos, pequenas quantidades de barro no interior da fôrma, com cuidado de preencher a fôrma inteira. Quando terminado, apertou-se o barro levemente e, então, foi passada uma régua de pedreiro para retirar o excesso. A desmoldagem dos tijolos de adobe foi realizada logo em seguida. O processo aplicado se enquadra na tipologia B-12, segundo normas da CRaterre (Figura 4)

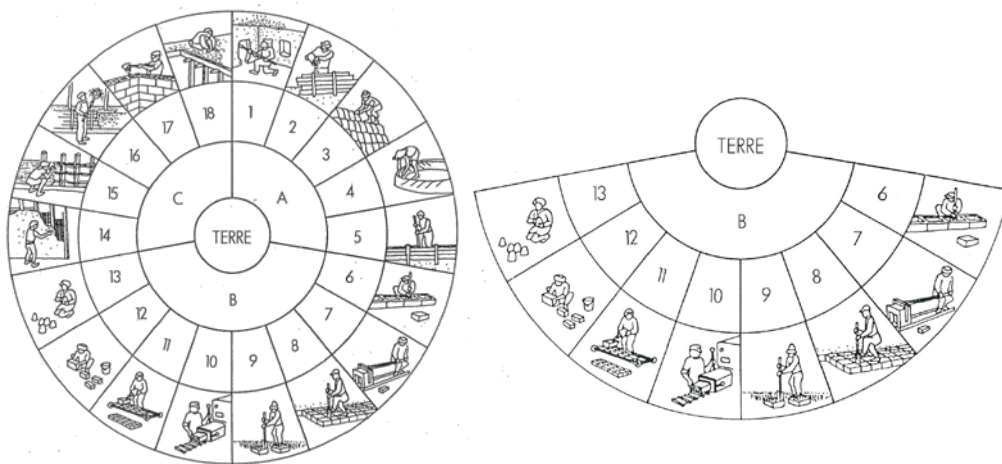


Figura 4. Tipologias construtivas com terra (CRaterre, 2002)

A secagem foi realizada inicialmente à sombra e, depois de 8 dias, diretamente ao sol, sobre estrados, e cobertos com lona plástica no período noturno e na ocorrência de chuvas. Depois de todos esses cuidados, os tijolos foram recolhidos, empilhados e armazenados em local seco e ventilado. Segundo a norma NBR 10833 (ABNT, 1989), devem ser moldados para cada traço 6 exemplares para serem utilizados para a realização de posteriores ensaios.

4.4 Métodos de ensaios

4.4.1 Resistência à compressão

Neste trabalho foram confeccionados tijolos com adição de 5%, 10% e 20% de fibra vegetal do coco verde para serem ensaiados. Foram ensaiados, quanto à sua resistência, à compressão sem a sua absorção d'água, segundo o método de ensaio da NBR 8494 (1992).

No ensaio de resistência á compressão, os corpos-de-prova foram capeados utilizando-se uma camada de cimento Portland. Estes foram rompidos por uma prensa eletrônica, obedecendo às especificações da norma NBR 8492 (ABNT, 1984). O ensaio de durabilidade por molhagem e secagem, regido pela norma NBR 13554 (ABNT, 1996), utilizou uma estufa (71°C+2) e uma balança eletrônica com precisão de 0,5g.

4.4.2 Absorção de água

Utilizando o método proposto por Battistelle (2002), 12 corpos-de-prova (tijolos) de adobe foram previamente secos em estufas (Ps) e deixados em repouso para voltar à temperatura ambiente (esfriar um pouco). Em seguida, foram colocados em um recipiente com água por 24 horas. Após este tempo, os tijolos foram retirados e secos superficialmente com um pano, e logo em seguida pesados, obtendo-se o peso saturado, Pss. A diferença entre Pss e Ps forneceu o peso de saturação (Pas), e a relação em porcentagem de Pas e Ps gerou a absorção de água, isto é:

$$A = (P_{ss} - P_s) / P_s \times 100\% \quad (\text{eq. 1})$$

4.4.3 Durabilidade (Intemperismo)

No ensaio de intemperismo, também chamado de ação climatológica, os tijolos de diferentes traços foram expostos aos agentes climáticos por um período aproximado de cinco meses. O ensaio iniciou-se com a colocação dos tijolos em uma bancada, inclinada em 45° para acelerar o desgaste do corpo (Battistelle, 2002). O ensaio passou por um acompanhamento com avaliações semanais, tabela 2, de alterações estéticas e registro fotográfico ao longo dos cinco meses. Neste período foram solicitados os dados de precipitação à Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – FUNCEME de Fortaleza.

5. ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS

A figura 5 mostra a curva granulométrica do solo analisado. Em seguida, apresenta-se a tabela 2 que quantifica os valores da curva granulométrica, como também mostra os valores do limite de liquidez, limite de plasticidade e a densidade real dos grãos. Obteve-se como resultado no ensaio de granulometria por sedimentação valores que atendem a exigências de normas internacionais, bem como os valores pré-estabelecidos por Perazzo (2006) em que a terra adequada se encontra entre os valores de 10% a 25% de argila, 10% a 25% de silte e 55% a 70% de areia.

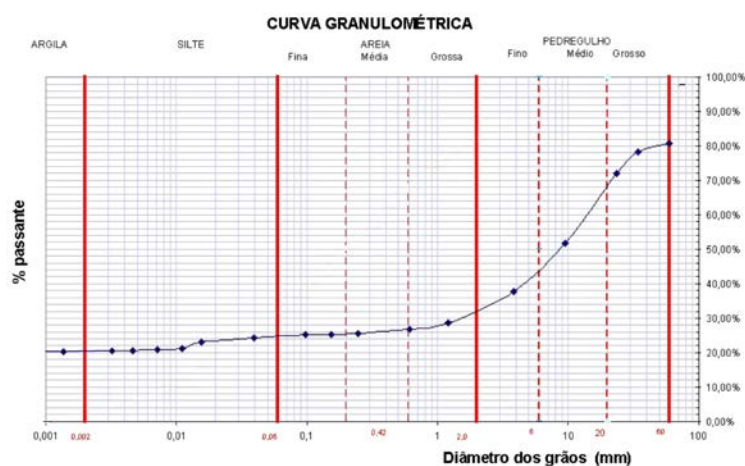


Figura 5. Curva Granulométrica do solo utilizado

Tabela 2. Caracterização do solo

Argila + silte (%)	Areia (%)			Pedregulho (%)	LL (%)	LP (%)	DRG (g/cm ³)
	Fina	Média	Grossa				
25,84	49,73	15,88	6,01	2,54	28,8	18	2,45

*DRG: Densidade Real dos Grãos

Tabela 3. Propriedades físicas do solo

Densidade aparente do solo (g/cm^3)		2,45
Umidade higroscópica (%)		5,65
Umidade média da mistura (%)	(adição de 10% de fibra)	11,29
	(adição de 20% de fibra)	11,29

Quanto a capacidade de absorção dos tijolos, a adição de 10% de fibras proporcionou uma melhor comportamento quanto a esta propriedade física. Esta melhoria é justificada pela melhor coesão entre os materiais (matriz e reforço) proporcionando uma menor perda de massa quando imersos em água, evitando assim uma maior penetração da água por meio de vazios e falhas. A adição de 20% de fibras de coco provocou efeito contrário.

Quando submetidos ao ensaio de compressão, o comportamento apresentado foi oposto ao de absorção, como demonstrado na figura 6. As amostras com 10% obtiveram melhor comportamento mecânico, com uma média de 1,9 MPa, sendo esse valor justificado pela melhor distribuição das fibras na matriz bem como pela menor capacidade de absorção, resultante do menor número de poros.

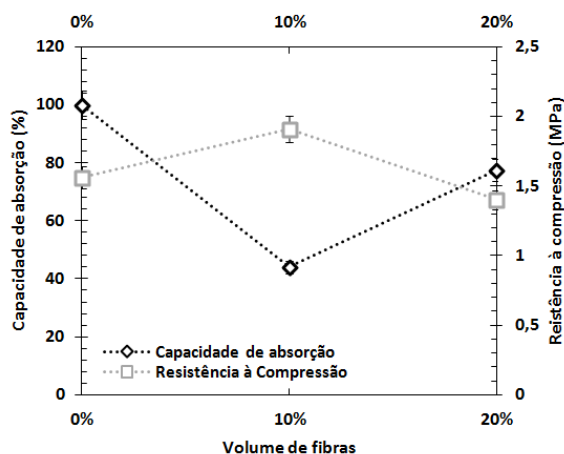


Figura 6. Influência do volume de fibras na capacidade de absorção e resistência a compressão

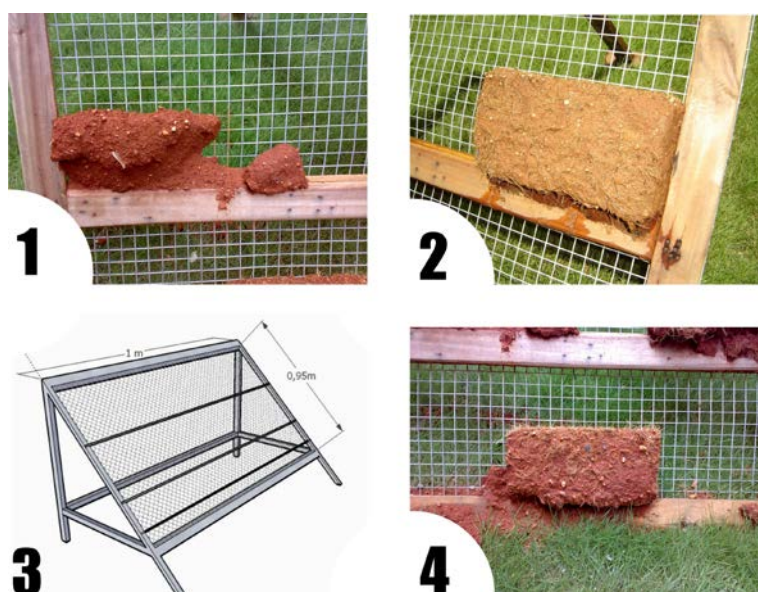


Figura 7. Mosaico de fotos do ensaio de intemperismo: 1) tijolo com 0% de resíduo; 2) tijolo com 10% de resíduo; 3) tijolo com 20% de resíduo; 4) bancada utilizada

6. CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante a preparação dos tijolos observou-se maior coesão nas amostras com adição de fibra, bem como uma diminuição de fissuras iniciais decorrentes do processo de moldagem. Foi observado o baixo desperdício de material, pois no caso de quebra ou sobra, ele pode ser novamente utilizado como matéria-prima para a moldagem. Diante as análises iniciais sobre a tipologia do solo, e a regularidade imposta em todos os processos, atendendo a todos os requisitos previstos nas normas da ABNT, foram encontrados resultados positivos quanto à viabilidade na utilização dos tijolos para habitação popular, confirmando assim a afirmação de vários autores que o tijolos de adobe podem ser utilizados como material da construção civil. Como continuidade desta pesquisa também pode ser estudada a adição da fibra em outras proporções, bem como pesquisas quanto à sua durabilidade ao longo do tempo.

Na ausência de uma norma específica para comparar os resultados obtidos na Tabela 3, optou-se por uma analogia com a norma brasileira NBR 8492/84, para tijolos de solo-cimento, que restringe a média dos valores de absorção de até 20%. Assim sendo, os traços 30% e 40% já estariam excluídos, bem como o traço 0%, que demonstraram uma grave deficiência na absorção de água, onde as três amostras de tijolos desmancharam-se totalmente após 24 horas de submersão, enquanto que, os tijolos com adição do resíduo, mesmo que em pequenas porcentagens, como no traço 10%, não desagregaram totalmente.

No ensaio de intemperismo, também chamado de ação climatológica, os tijolos de diferentes traços foram expostos aos agentes climáticos por um período aproximado de 4 meses. O ensaio iniciou-se com a colocação das placas na bancada, na primeira semana de dezembro de 2008, com leituras semanais ao longo de quatro meses, e com vistorias mensais até a presente data. Neste período foram solicitados a Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – Funceme de Fortaleza os dados de precipitações do município, observando-se que os meses de janeiro/2009 a março/2002 foram os meses com maiores índices pluviométricos, com registros de 65,55 mm e 80,00 mm durante 10 horas seguidas. O traço contendo 0% de resíduo destacou-se negativamente, pois já na segunda semana, com os ciclos de calor e chuva, iniciaram-se as alterações, registrando-se a perda de material em dois corpos-de-prova. Após três meses, os corpos-de-prova do referido traço já estavam parcialmente desagregados e, com 4 meses, totalmente desagregados, que pode ser visualizado na figura 7.

O pior efeito para os corpos-de-prova foi provocado pela água, isto é, a desagregação parcial e total ocorreu em dias de intensa chuva. Deste ensaio pode-se concluir que a adição de resíduo, mesmo que em pequena porcentagem, desempenhou um papel fundamental, evitando a desagregação rápida e total dos tijolos, como observado no traço 0%.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas (1992). NBR 8492 *Tijolo maciço de solo-cimento: determinação da resistência à compressão e da absorção d'água*. Rio de Janeiro, 5p.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas (1989). NBR 10833 *Fabricação de tijolo maciço e bloco vazado de solo-cimento com utilização de prensa hidráulica*. Rio de Janeiro: ABNT, 3p.

BATTISTELLE, R. A. G. (2002). Análise da viabilidade técnica do resíduo de celulose e papel em tijolos de adobe. Tese de doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental. São Carlos, SP.

BRANDÃO, R. L. (1995). *Sistema de informação para gestão e administração territorial da Região Metropolitana de Fortaleza*. Projeto SINFOR: Diagnóstico Geoambiental e os Principais Problemas de Ocupação do Meio Físico da Região Metropolitana de Fortaleza. Fortaleza, CE.

CALLISTER, W. D. (1994). *Materials Science and engineering: an introduction*. 3 ed. New York: John Wiley & Sons, Inc. p.521-531

CRATERRE, (2002). *Tipologias construtivas com terra* - Centre International de la Construction en Terre. École d'Architecture de Grenoble (CRATerre-EAG). <<http://www.craterre.archi.fr/cratererre>> Acesso em: 20 jun. 2008).

EMBRAPA (2008). *Fibra do coco verde*. <http://www.cnpat.embrapa.br/home/portfolio/tecnologia.php?id=10>> Acesso em: 12 maio de 2008.

FARIA, O. B. et al (2005). *Comparação entre sistemas construtivos com adobe e com tijolo cerâmico alveolar: um estudo de caso no assentamento rural "Fazenda Pirituba" (Itapeva-SP)*. In: V-ENPPG/V-ENICIT, Centro Federal de Educação Tecnológica do Ceará (CEFETCE), Fortaleza, CE.

PERAZZO, N.B. (2006). *Curso de construção em terra crua. Construção de adobe*. Curso apresentado a Especialização em Tecnologia do Ambiente Construído. CEFETCE, Fortaleza.

SOARES, N. M. B. (2004); *Gestão gerenciamento dos resíduos sólidos domiciliares no município de Fortaleza – CE*. Dissertação de mestrado em desenvolvimento e meio ambiente (UFC), Fortaleza, CE.

SOARES, R. N (2007). *Tijolos de adobe produzidos com fibra de coco: alternativa para redução de resíduos sólidos*. Trabalho de conclusão de curso em Tecnologia em Saneamento Ambiental – CEFETCE

AUTORES

Saulo Rocha - Possui graduação em Tecnologia em Saneamento Ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, mestrado em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Estadual de Feira de Santana. Atualmente é Doutorando pela COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Sarah Oliveira - Possui graduação em Tecnologia em Saneamento Ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará. Foi bolsista de iniciação científica PIBIC/FUNCAP e PIBIC/CNPq e estagiária na Coordenadoria de Saneamento Básico da Agência Reguladora de Serviços Públicos Delegados do Estado do Ceará - ARCE.

Adeildo Cabral - Possui graduação em Licenciatura e Bacharelado em Geografia pela Universidade Federal da Paraíba, mestrado e doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental pela Universidade de São Paulo. Atualmente é professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará. Coordenador do Curso Superior de Tecnologia em Saneamento Ambiental e Professor do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia e Gestão Ambiental PGTGA.



AVALIAÇÃO PRELIMINAR DA INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE “BABA-DE-CUPIM” EM CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E MECÂNICAS DE SOLO-CIMENTO COMPACTADO

Faria, Obede Borges¹; Battistelle, Rosane Aparecida Gomes²; Neves, Célia³

- (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, (+55) 14 3103-6112; e-mail: obede.faria@gmail.com
- (2) Prof. Adj. – Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia de Bauru, UNESP, Av. Eng. Luiz E. C. Coube, 14-01 CEP 17033-360 Bauru-SP, (+55) 14 3103-6112; e-mail: Rosane@feb.unesp.br
- (3) Pesquisadora M.Sc., Rede Ibero-Americana PROTERRA/Rede TerraBrasil, e-mail: cneves2012@gmail.com

Palavras-chave: solo-cimento compactado, baba-de-cupim, resistência à compressão, absorção de água

Resumo

Dentre as várias técnicas de construção com terra, a taipa e os blocos de terra comprimida (BTC) são as que possibilitam maior controle tecnológico do processo produtivo, pois, existem algumas normas técnicas, no Brasil e no exterior. Nestas duas técnicas, o solo pode ser estabilizado com cimento, para obter um material com maior resistência mecânica e durabilidade. A partir dos anos 1970, foi introduzido no Brasil um aditivo para solo-cimento empregado em obras rodoviárias, popularmente conhecido como “baba-de-cupim”, para melhorar algumas características do material. Desde então, têm sido atribuídas diversas vantagens para seu uso também na taipa, nos BTC e até nos adobes, porém são poucos os estudos desenvolvidos até o momento, para a devida comprovação científica.

Neste trabalho é avaliada a influência do uso da “baba-de-cupim” sobre características físicas e mecânicas de solo-cimento compactado. Para tanto, utilizou-se um solo com 77% de areia, 5% de silte e 18% de argila. Foi utilizado um cimento de alta resistência inicial, variando-se sua proporção entre 1% e 3% e o aditivo na proporção de 0,1%, ambos relativos ao peso do solo seco. Os ensaios foram realizados em corpos-de-prova cilíndricos aos 7 dias de idade, incluindo uma série sem o aditivo, para as referências.

Para o cimento nas proporções de 1% e 2%, os resultados foram inferiores aos limites aceitáveis para os materiais de construção; para 3% de cimento, houve um ganho de 34,8% na resistência à compressão e a redução de 12,3% na absorção de água, com a adição de “baba-de-cupim” na proporção de 0,1% do peso de solo seco. Além de confirmar os benefícios do emprego deste aditivo, a principal contribuição deste trabalho é a apresentação de uma metodologia científica clara e detalhada, para este tipo de estudo, com a expectativa de que ela seja adotada em outros trabalhos de pesquisa.

1. INTRODUÇÃO

Todos os materiais de construção são ambientalmente impactantes, porque se utilizam de recursos naturais como sua matéria-prima. Alguns, de maneira mais agressiva, com maior consumo de energia e com maior geração de resíduos. A terra, apesar de ser um dos mais primitivos materiais de construção, é um dos menos impactantes e, felizmente, segue em uso relativamente intenso, contrariando muitos preconceitos. Resta, pois, buscar maneiras de atualizar as técnicas de construção com terra, agregando-lhes novas tecnologias e novos produtos da atualidade, que possam lhes conferir melhor qualidade e durabilidade (estas, também uma busca pelo desenvolvimento sustentável).

Neste contexto, surgiu no Brasil (nos anos 1970) um produto sintético de baixo impacto ambiental, com supostas propriedades de conferir ao solo um poder de coesão muito similar ao obtido pelos térmitas (cupins), na construção de seus ninhos. Assim, foi popularizado como “baba-de-cupim”. Como ocorre com toda novidade, logo lhe foram atribuídas

propriedades maravilhosas, quase milagrosas, porém sem serem fundamentadas em sólidas bases científicas.

Preocupada com esta situação, a Prof^a Célia Neves lançou uma proposta na Rede Ibero-Americana PROTERRA, para agregar as pessoas/instituições dispostas a estudar o tema cientificamente. Além dos autores deste trabalho, apenas Milani et al. (2010) se dedicaram ao tema.

Dessa maneira, o principal objetivo deste artigo é apresentar os resultados dos ensaios de avaliação da influência de uma das duas marcas comerciais de “baba-de-cupim” produzidas no Brasil (aquela registrada como DS-328, pela empresa Dynasolo), sobre algumas das características físicas e mecânicas de solo-cimento, produzido com um solo muito arenoso, encontrado na região de Bauru-SP.

2. MATERIAIS E ESTRATÉGIA METODOLÓGICA

Neste item são descritos os materiais empregados, as atividades relativas à caracterização do solo e à avaliação da influência do aditivo **DS328[®]** nas características físicas e mecânicas de solo-cimento compactado, tais como a resistência à compressão e a absorção de água, além dos principais procedimentos metodológicos.

2.1 Materiais utilizados

Utilizou-se um solo disponível no município de Bauru-SP, predominantemente arenoso, como já constatado por Gomes e Gimeno (1997), Faria (2002), Garcia e Falavigna (2006), Oliveira e Tahira (2007), Ramos (2007), Stanzione e Muller (2008), além de Pedreira e Silva (2009). As amostras de solo foram preparadas de acordo com os procedimentos da norma brasileira NBR 6457 (ABNT, 1986). O ensaio de determinação da curva de distribuição granulométrica foi realizado segundo a norma NBR-7181 (ANBT, 1984). Seu limite de liquidez (**LL**) foi determinado segundo a norma NBR 6459 (ABNT, 1984). Como o solo é extremamente arenoso (77% de areia), não foi possível realizar o ensaio de determinação do limite de plasticidade (**LP**) e, conseqüentemente, não foi possível calcular o índice de plasticidade (**IP**). Os ensaios de determinação da **curva de compactação** e da **densidade aparente do solo solto seco** são descritos mais adiante.

O DS328[®], a “baba-de-cupim”, é um aditivo baseado em óleos vegetais e resinas, projetado para estabilização de solos utilizados na pavimentação de estradas e outras situações similares. É um produto líquido altamente concentrado e totalmente solúvel em água, não tóxico, não corrosivo e não inflamável. Tem uma cor verde, com densidade de 1,040 g/cm³ (aos 25°C) e pH mínimo de 10,5 (solução a 1%).

Como reagente para o aditivo, foi utilizado um cimento **CP V-ARI** (cimento Portland de alta resistência inicial), da marca “Votoran”. Segundo o fabricante do aditivo, também se podem utilizar a cal e o sulfato de alumínio como reagentes.

2.2 Ensaio de determinação da massa unitária do solo solto

As recomendações de dosagem de solo-cimento, encontradas na bibliografia, se referem à proporção entre solo e cimento em volume. Porém, em laboratórios se recomenda trabalhar com a proporção em massa, para que se tenha um controle mais rigoroso das quantidades dos componentes empregados. Portanto, se faz necessário determinar a **densidade aparente** ou **massa unitária do solo solto úmido** (ρ_{ssu}), para que seja possível realizar a conversão de proporções, de volume para massa, ou vice-versa. Como não existe norma brasileira para determinação deste parâmetro em solos, foi adotada a metodologia proposta pelo Prof. Obede e já avaliada por Oliveira e Tahira (2007), Stanzione e Miller (2008) e

Pedreira e Silva (2009), que consiste em uma adaptação da norma NBR 7251 (ABNT, 1982). Alguns aspectos deste ensaio são apresentados na figura 1.

Como a variação do conteúdo de umidade pode provocar o inchamento do solo em estado solto, especialmente dos arenosos, como o utilizado neste trabalho, também é necessário conhecer a **umidade higroscópica**, ou natural, (W_h) do solo solto, determinada pelos procedimentos correntes nos laboratórios de mecânica dos solos.



Figura 1 – Ensaio de determinação da massa unitária do solo solto úmido e da umidade higroscópica

2.3 Ensaio de compactação do solo

O ensaio de compactação do solo permite definir a curva de compactação e determinar a **umidade ótima de compactação** ($W_{ót}$) com a **densidade seca máxima** do solo compactado ($\rho_{d,máx}$). Esses parâmetros são muito importantes para a produção de solo-cimento com máxima resistência e durabilidade (quanto mais compacto o solo, menos porosidade terá). Esse ensaio foi realizado de acordo com a norma NBR 7182 (ABNT, 1988).

2.4 Ensaio com o solo-cimento

Como o objetivo do trabalho é a avaliação da influência do aditivo **DS-328[®]** sobre propriedades físicas e mecânicas do solo-cimento, se fez necessário caracteriza-lo com e sem o aditivo.

O principal fabricante brasileiro de máquinas para produção de blocos e tijolos de solo-cimento, SAHARA, recomenda duas proporções (traços), em volume:

- **1:7 a 1:10** (um volume de cimento, para 7 a 10 de solo solto) – para paredes de tijolos sem revestimento; e,
- **1:15** (um volume de cimento, para 15 de solo solto) – para paredes revestidas.

Estes traços correspondem aproximadamente a 17% e 8%, respectivamente, em massa, ou seja, massa de cimento em porcentagem da massa de solo seco. Em ambos os casos, SAHARA recomenda umidade de compactação de 5% e solo com conteúdo de areia variando entre 50% e 70% (SAHARA, 2010). Outros autores, como IPEMA (2010), sugerem traço em volume de 1:10 a 1:20. Todavia, ambos sem qualquer referência científica.

Por outro lado, os dois fabricantes de “baba-de-cupim”, Dynasolo (2010) e Ecolopavi (2010), recomendam o uso desse aditivo juntamente com um agente reativo, que pode ser o cimento, em uma proporção muito baixa (de 1% a 3% de cimento, com relação à massa de solo seco).

Levando-se em conta que o principal objetivo era avaliar os efeitos do aditivo, optou-se por utilizar o cimento apenas como reagente, variando-se sua quantidade entre 1% e 3%, e empregar a maior concentração do aditivo **DS-328[®]** recomendada pelo fabricante, ou seja,

1:1.000 (proporção em massa, relativa à massa de solo seco). Dessa maneira, buscou-se por em evidência o efeito do aditivo sobre o solo.

a. Ensaio de compactação do solo-cimento

Como os ensaios seriam realizados com solo misturado com cimento, houve a dúvida de que a umidade ótima de compactação dessa mistura pudesse ser diferente da encontrada apenas para o solo. Então, decidiu-se fazer um novo ensaio de compactação para uma mistura com 9% de cimento, taxa média entre as recomendadas pelos fabricantes de máquinas para tijolos de solo-cimento, para uma avaliação da possível influência do cimento sobre a umidade ótima de compactação. Esse ensaio foi realizado de acordo com a norma NBR 12023 (ABNT, 1992), como se vê na figura 2.



Figura 2 – Ensaio de compactação do solo-cimento: pesagem do solo e do cimento; homogeneização da mistura (antes e depois de acrescentar água); e, moldagem do corpo-de-prova

b. Moldagem e cura dos corpos-de-prova

Os corpos-de-prova, com 100 mm de diâmetro e altura de 127,3 mm (como os do ensaio de compactação, com a mesma energia do *Proctor*), foram moldados e submetidos à cura úmida, de acordo com a norma NBR 12024 (ABNT, 1992), em um total de 6 (seis) para cada uma das seguintes séries:

- 1%, 2% e 3% de cimento, **sem aditivo**; e,
- 1%, 2% e 3% de cimento, **com aditivo**.

De cada série, 3 corpos-de-prova foram destinados aos ensaios de determinação da resistência à compressão e 3 aos ensaios de determinação da absorção de água, como recomendam as normas correspondentes.

Para que fosse atingida a umidade ótima de compactação, foi determinada preliminarmente a umidade higroscópica do solo e calculada a quantidade de água a ser adicionada, considerando-se sempre a massa total de material sólido seco (solo + cimento) para cada mistura. Todos os materiais foram medidos em massa, inclusive a água, para um controle mais rigoroso das quantidades e proporções de materiais nas misturas (figura 3).

Respeitando-se a recomendação do fabricante do DS328[®], o aditivo foi misturado ao solo antes do cimento. Para tanto, ele foi diluído em metade da água necessária, homogeneizando sua distribuição pelo solo, para em seguida acrescentar o cimento e, por último, acrescentada a água restante e promovida a homogeneização final.

Na figura 3 também se vê a etapa final de preparo do solo-cimento com aditivo, na qual foi acrescentada a segunda metade da água à mistura de solo-aditivo-cimento, notando-se a primeira evidência da influência do aditivo no comportamento do solo-cimento, ou seja, a água acrescentada não se infiltrou tão facilmente como quando foi acrescentada ao solo sem aditivo, dando a impressão de que a mistura estava impermeável.

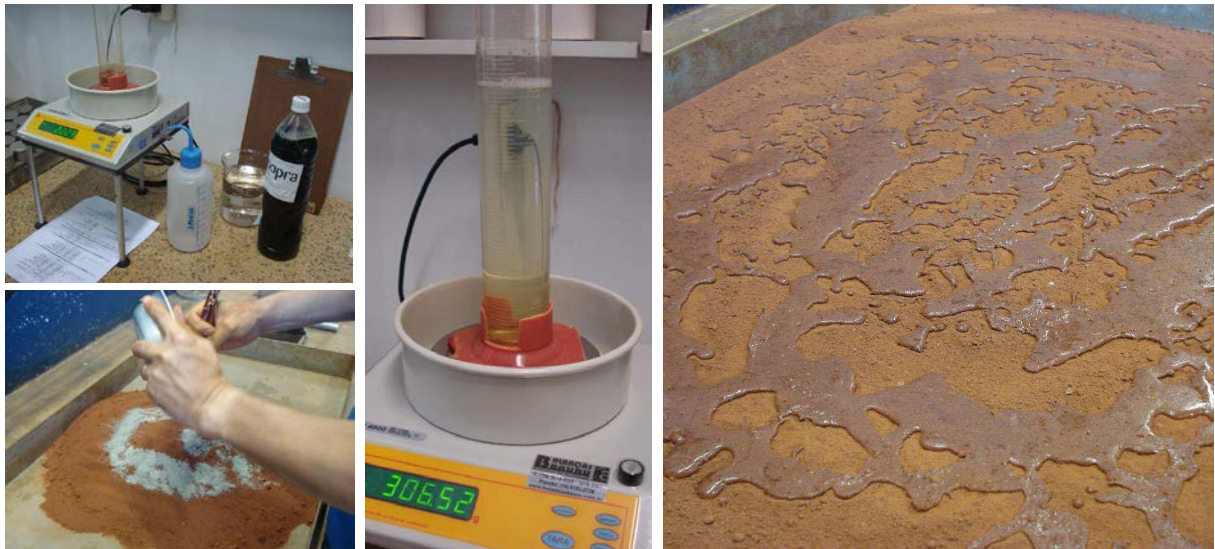


Figura 3 – Primeira etapa de preparação do solo-cimento com aditivo: pesagem de metade da água; pesagem do aditivo acrescentado à esta água; e, adição do cimento à mistura de solo com aditivo e metade da água (centro e esquerda). Adição do restante da água à mistura anterior de solo, aditivo e cimento (foto da direita, notando-se a “impermeabilidade” da mistura)

c. Ensaio de determinação da absorção de água

Aos 7 (sete) dias de cura dos corpos-de-prova em câmara úmida, segundo a norma NBR 12024 (ABNT, 1992), foram realizadas as etapas do ensaio de determinação da absorção de água, segundo a norma NBR 13555 (ABNT, 1996), ou seja, permanência dos corpos-de-prova em estufa (a 105°C) por 24h, determinação da massa seca, esfriamento, imersão em água por 24h e determinação da massa saturada, como se pode ver na figura 4.



Figura 4 – Ensaio de absorção de água: corpos-de-prova na câmara úmida, na estufa e imersos em água

d. Ensaio de determinação da resistência à compressão

Os ensaios de determinação da resistência à compressão foram realizados de acordo com a norma NBR 12025 (ABNT, 1990), que consiste em: **a)** submergir os corpos-de-prova (curados e aos 7 dias de idade) em água por 4h; **b)** retirá-los da água e secar a superfície com um pano úmido; **c)** medir seus diâmetros e altura (precisão de 0,1mm); **d)** instalá-los adequadamente na máquina de ensaios; **e)** aplicar o carregamento com movimento da cabeça de carga à razão de 1mm/min, até a ruptura; e **f)** anotar a carga de ruptura do corpo-de-prova. A norma admite que se as superfícies de aplicação de carga estiverem planas e horizontais, não é necessário regularizá-las.

Na figura 5 se podem ver algumas etapas destes ensaios, realizados em uma máquina universal de ensaios informatizada, da marca “EMIC”, modelo “DL300” (com capacidade de carga de até 30.000 kgf), além de mostrar o padrão de ruptura dos corpos-de-prova cilíndricos.



Figura 5 – Ensaio de determinação da resistência à compressão: medição do corpo-de-prova saturado; máquina de ensaios; e, padrão de ruptura, notando-se o cone de tensões, com desprendimento do material lateral e periférico, em camadas

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste item são apresentados os principais resultados médios obtidos, além de breves discussões sobre eles.

3.1 Características do solo

A curva de distribuição granulométrica do solo obtida apontou um solo com **18,2% de argila**, **5,3% de silte** e **76,5% de areia** (44,5% fina; 31,9% média; 0,1% grossa), que pode ser classificado como “terra arenosa” (Neves et al., 2009, p.19), próximo do limite com “terra areno-argilosa”. Segundo Neves e Milani (2011, p.36) e Jimenez Delgado e Guerrero (2007, p.244), dentre outros autores, esse solo se mostra adequado para produção de BTC e de taipa, mesmo sem estabilização.

O limite de liquidez (**LL**) obtido foi de 26,5%, típico de um solo arenoso. Todavia, devido ao baixo conteúdo de argila, não foi possível determinar o limite de plasticidade (**LP**) e, por conseqüência, não se calculou o índice de plasticidade (**IP**), um dos indicadores da técnica mais adequada para uso da terra como material de construção.

A densidade aparente do solo úmido, ou **massa unitária do solo solto úmido** (ρ_{ssU}), obtida foi de **1,25 g/cm³**, para o conteúdo de **umidade higroscópica**, ou natural, (W_h) de **0,88%**. É importante destacar que estes dois parâmetros sempre têm que ser determinados, porque variam com as condições climáticas locais (principalmente a umidade relativa do ar e a temperatura) e afetam diretamente outros parâmetros.

Da curva de compactação do solo, se determinou a **umidade ótima de compactação** ($W_{ót}$) de **12,0%**, com a **densidade seca máxima** do solo compactado ($\rho_{d,máx}$) de **1,923 g/cm³**, também característicos dos solos arenosos.

3.2 Compactação do solo-cimento

A umidade ótima de compactação, para a mistura de solo e 9% de cimento, foi $W_{ót} = 12,1\%$, com uma densidade seca máxima $\rho_{d,max} = 1,904 \text{ g/cm}^3$, muito similares às do solo puro. Estes resultados comprovaram que a adição de cimento não influenciou nestes parâmetros e, portanto, se adotou uma umidade ótima de compactação única, para os três conteúdos de cimento estudados neste trabalho (1%, 2% e 3%).

3.3 Absorção de água do solo-cimento

Depois dos ensaios de absorção de água, com três corpos-de-prova de cada série, se obtiveram os resultados que são mostrados graficamente na figura 6. Os corpos-de-prova da série sem aditivo e com 1% de cimento se desagregaram durante a imersão em água e, por conseguinte, não foi possível calcular sua taxa de absorção de água. Nos corpos-de-prova com aditivo, durante a imersão, para 1% de cimento houve um razoável destacamento de material. Para 2% e 3% de cimento, esse destacamento foi imperceptível, o que pode sugerir a propriedade de agregação do aditivo.

Para os teores de cimento mais elevados (2% e 3%) pode-se notar uma redução significativa na absorção de água, de mais de 12%, com o uso do aditivo (aproximadamente de 12,5% para 11%). Contudo, não se pode afirmar que esta vantagem siga mantendo este nível para teores de cimento superiores a 3%. Para avaliar este comportamento, seria necessário dar continuidade à pesquisa.

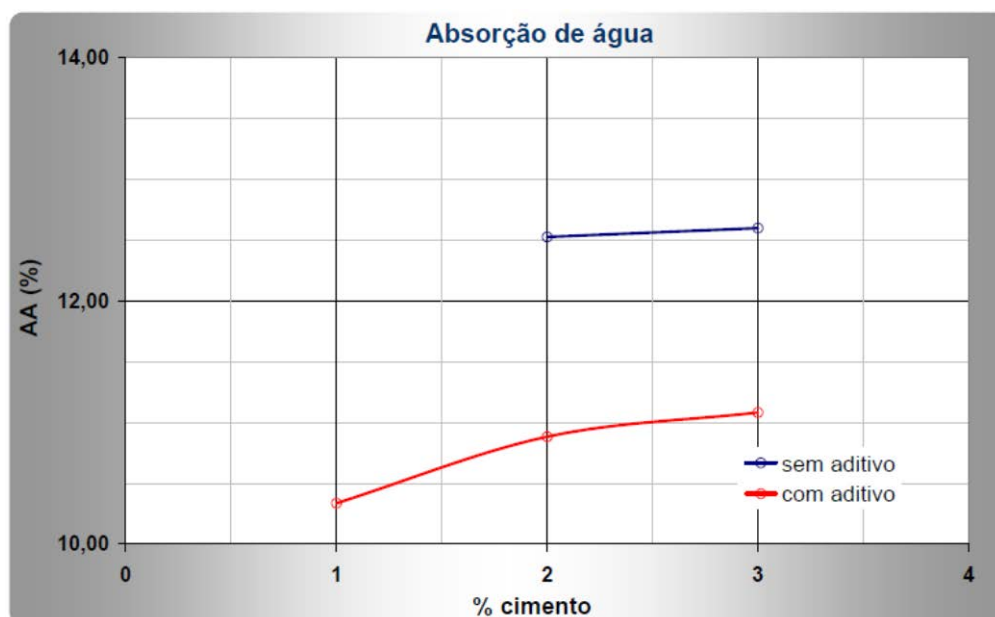


Figura 6 – Resultados médios da absorção de água

3.4 Resistência à compressão do solo-cimento

Os resultados médios dos ensaios de determinação da resistência à compressão são apresentados na figura 7, com os limites superior e inferior, definidos pelos respectivos desvios padrão.

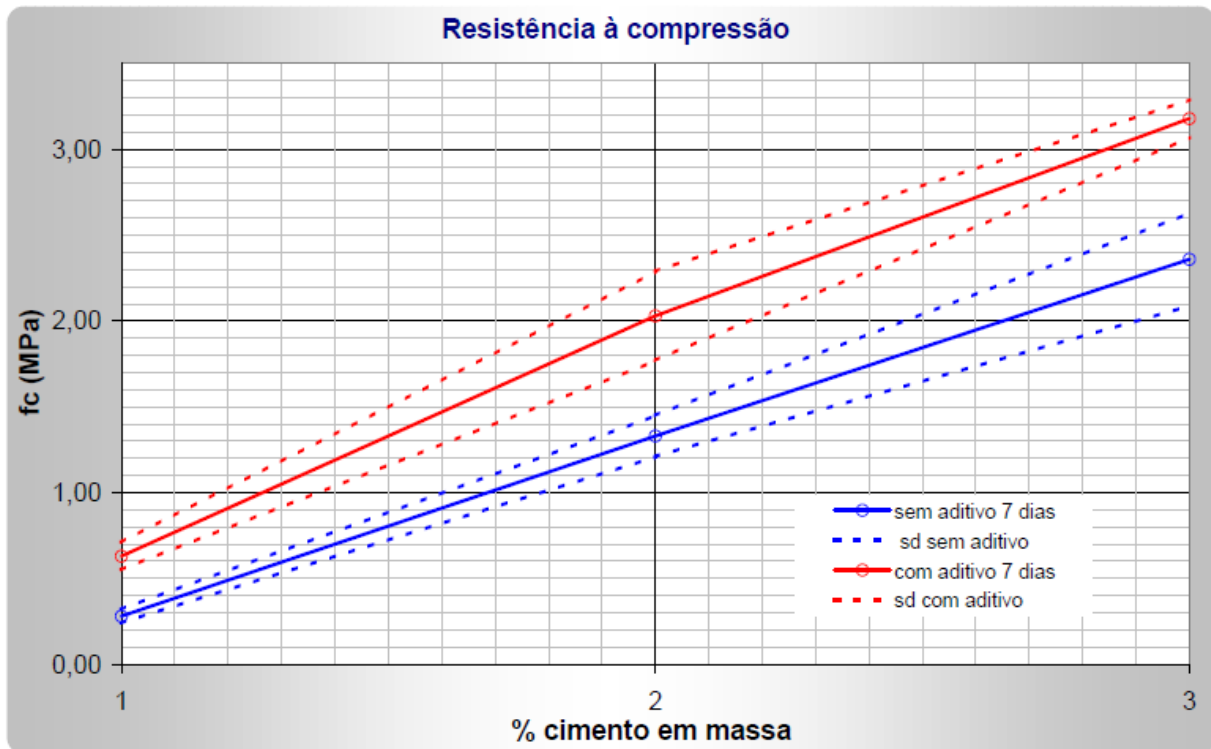


Figura 7 – Resultados médios da resistência à compressão, com os respectivos desvios padrão

Analisando os resultados apresentados, pode-se inferir que houve um aumento considerável na resistência à compressão, com o uso do aditivo. Este incremento se aproxima de 125%, para 1% de cimento, e de 35% para 3% de cimento. Aparentemente, o incremento se reduz com o aumento do teor de cimento, porém, esta conclusão seria precipitada neste momento, seria prudente realizar mais ensaios, com teores mais elevados de cimento.

Estes resultados contradizem os obtidos por Milani et al. (2010), que concluíram não haver melhoras significativas com o uso do aditivo. Como estes autores foram os primeiros a iniciar a pesquisa, cometeram um pequeno equívoco na interpretação da dosagem recomendada pelo fabricante do aditivo. É recomendada a proporção de 1:1.000, ou seja, 1 kg de aditivo para cada 1.000 kg de solo seco. Eles diluíram 50 ml do aditivo em 1.000 ml de água, obtendo-se uma solução a 5%. Depois, empregaram 1 kg desta solução para 1.000 kg de solo seco e, desta maneira, a proporção real em massa se aproximou de 1:20.000, extremamente baixa e que resultou na impossibilidade de percepção da ação do aditivo.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Desejava-se produzir elementos de alvenaria (blocos e tijolos) para estas duas condições (com e sem aditivo), porém, seria mais custoso e difícil, considerando-se as condições dos laboratórios da instituição (falta de uma máquina para produção dos elementos), além da necessidade de uma grande quantidade de terra, para estudar tantas variáveis (vários teores de cimento e de aditivo). Por outro lado, o estudo em corpos-de-prova de solo-cimento compactado permite uma aplicação mais direta dos resultados também para a produção de taipa, porque esta é uma técnica na qual a terra também deve ser compactada

(aplicação de carga dinâmica) e pode ser igualmente estabilizada com cimento, ou outros aditivos.

Pode-se dizer que os resultados encontrados apontam para uma série de vantagens obtidas com o uso do aditivo, porém, é mais prudente considerar este trabalho como um estudo preliminar, para definição de uma estratégia metodológica, base para futuros trabalhos, mais completos e mais amplos. Por exemplo, seria desejável estudar a durabilidade do material, segundo a proposta da norma NBR 13554 (ABNT, 1996). Apesar da norma NBR 12025 (ABNT, 1990) definir o uso de 3 corpos-de-prova para o ensaio de determinação da resistência à compressão, esta quantidade poderia ser aumentada para pelo menos 5, sendo 10 o número ideal, para melhor avaliação estatística dos resultados

Mesmo considerando-se o trabalho como avaliação preliminar, é possível notar o aspecto de vantagem na sustentabilidade ambiental, decorrente do uso do aditivo. Desejando-se uma determinada resistência à compressão para os BTC, através das curvas apresentadas na figura 7, é possível notar a redução do consumo de cimento, adicionando-se o aditivo. Por exemplo, para uma resistência à compressão de 2,0 MPa, sem aditivo seria necessário um teor de cimento de 2,65%. Com o uso do aditivo, este teor cairia para 1,98%. Com isso, haveria uma redução de 25,28% no consumo do cimento. Considerando-se que o cimento é um material muito mais impactante ambientalmente que o aditivo, comprova-se a vantagem no uso deste.

Neste trabalho é apresentada uma extensa lista de normas brasileiras para solo-cimento, porém, todas orientadas aos BTC. Assim, nota-se uma grande lacuna em normas para a taipa e painéis monolíticos de solo-cimento. Este fato mostra a possibilidade de desenvolvimento de pesquisas relacionadas ao tema.

Como continuidade deste trabalho, planeja-se realizar estudos com blocos e tijolos, apenas para as melhores combinações de porcentagem de cimento e de aditivo, incluindo o estudo de paredes pelo método dos elementos finitos, para avaliação de desempenho estrutural destes elementos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas (1982). *NBR 7251 Agregado em estado solto, determinação da massa unitária* – Método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 3p.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (1984). *NBR 6459 Solo* – Determinação do limite de liquidez – Método de Ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 6p.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (1984). *NBR 7181 Solo-Análise granulométrica* – Método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 13p.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (1986). *NBR 6457 Amostras de solo* – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. Rio de Janeiro: ABNT, 9p.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (1988). *NBR 7182 Solo* – Ensaio de compactação. Rio de Janeiro: ABNT, 10p.

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

Associação Brasileira de Normas Técnicas (1992). *NBR 12023 Solo-cimento* – Ensaio de compactação. Rio de Janeiro: ABNT, 6p.

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 (1996). *NBR 13554 Solo-cimento* – Ensaio de durabilidade por molhagem e secagem. Rio de Janeiro: ABNT, 3p.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (1996). *NBR 13555 Solo-cimento – Determinação da absorção d'água*. Rio de Janeiro: ABNT, 1p.

ECOLOPAVI. (2010). *O que é o Ecolopavi: estabilizante químico de solos para pavimentação*. Disponível em: <http://www.ecolopavi.com.br/oproduto.html> (Acesso em 17/08/2010).

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/>)

Garcia, A. R.; Falavigna, J. P. T. (2006). *Caracterização física e mecânica de adobe produzido com sedimento e macrófitas aquáticas do Reservatório de Salto Grande (Americana-SP)*. Bauru. 179p. (Monografia apresentada à Faculdade de Engenharia, UNESP, Campus de Bauru, para obtenção do título de Engenheiro Civil, com orientação do Prof. Dr. Obede Borges Faria).

Gomes, R. L. B. de P.; Gimeno, R. M. (1997). *Caracterização de solos para produção de tijolos de adobe*. Bauru. 46p. (Monografia apresentada à Faculdade de Engenharia, UNESP, Campus de Bauru, para obtenção do título de Engenheiro Civil, com orientação do Prof. Dr. Obede Borges Faria).

Instituto de Permacultura da Mata Atlântica - IPEMA. (2010). *Solo cimento*. Disponível em: <http://www.ybytucatu.com.br/instsolocimento.htm> (Acesso em: 05/08/2010).

Jimenez Delgado, M. C.; Guerrero, I. C. (2007). The selection of soils unstabilised earth buildings: a normative review. *Construction and Building Materials*. Edinburgh: ELSEVIER, v.21, n.2, pp.237-251.

Milani, A. P. da S.; Bertoncini, S. R.; Andreasi, W. A.; Pedrosa, A. B. (2010). Realização dos ensaios interlaboratoriais PROTERRA em Bauru-SP (Brasil). *TerraBrasil 2010: Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil*, 3., 2010. Campo Grande: UFMS; PROTERRA. 1 CD-ROM.

Neves, C. M. M.; Faria, O. B.; Rotondaro, R.; Salas, P. C.; Hoffmann, M. (2005). *Seleção de solos e métodos de controle na construção com terra – práticas de campo*. Lauro de Freitas: PROTERRA. Disponível em: <http://www.redproterra.org> (Acesso em: 15/10/2010).

Neves, C.; Milani, A. P. da S. (2011). Bloque de tierra comprimida - BTC. In: Neves, C.; Faria, O. B. (Org.) (2011). *Técnicas de construcción con tierra*. Bauru: FEB-UNESP/PROTERRA, 79p. Disponível em: <http://www.redproterra.org> (Acesso em: 15/10/2010).

Oliveira, B. M.; Tahira, M. (2007). *Estudo preliminar para proposta de ensaios de caracterização física e mecânica de adobes*. Bauru. 71p. (Monografia apresentada à Faculdade de Engenharia, UNESP, Campus de Bauru, para obtenção do título de Engenheiro Civil, com orientação do Prof. Dr. Obede Borges Faria).

Pedreira, G. C.; Silva, J. R. do N. (2009). *Avaliação de metodologia para determinação de características mecânicas de adobes*. Bauru: FEB/UNESP. 36p. (Monografia apresentada à Faculdade de Engenharia, UNESP, Campus de Bauru, para obtenção do título de Engenheiro Civil, com orientação do Prof. Dr. Obede Borges Faria).

Ramos, S. C. (2007). *Caracterização física e mecânica de adobe produzido com sedimento e macrófitas aquáticas do Reservatório de Salto Grande (Americana-SP)*. Bauru: FEB/UNESP. 110p. (Monografia apresentada à Faculdade de Engenharia, UNESP, Campus de Bauru, para obtenção do título de Engenheiro Civil, com orientação do Prof. Dr. Obede Borges Faria).

SAHARA. (2010). *Arquitetura da terra*. Disponível em: <http://www.sahara.com.br> (Acesso em: 27/08/2010).

Stanzione, V.J.T.L.; Miller, V.P. (2008). *Avaliação da influência do teor de argila sobre a resistência mecânica de adobes*. Bauru: FEB/UNESP. 67p. (Monografia apresentada à Faculdade de Engenharia, UNESP, Campus de Bauru, para obtenção do título de Engenheiro Civil, com orientação do Prof. Dr. Obede Borges Faria).

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao *Eng. Sydney* (diretor-presidente da Dynasolo), pela doação do aditivo; aos técnicos de laboratório da FEB-UNESP, *Gustavo Pinheiro* e *Israel Luiz Pereira dos Santos*, além dos alunos de graduação em Engenharia Civil, *Cesar Burani Kowalski* e *Renan Viana Pepato*, 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*); Presidente do Conselho Municipal de Habitação de Bauru-SP; Membro da Rede Ibero-Americana PROTERRA; Membro de comitês científicas de vários periódicos. Currículo completo em <http://lattes.cnpq.br/2435383614704158>

Rosane Aparecida Gomes Battistelle. Engenheira Civil; Mestre em Engenharia de Estruturas; Doutora em Ciências da Engenharia Ambiental; Livre-Docente em Ciências do Ambiente; Professora do *Departamento de Engenharia Civil* e do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção (*Faculdade de Engenharia de Bauru, da UNESP - Universidade Estadual Paulista*). Currículo completo em <http://lattes.cnpq.br/2856867993043170>

Célia Neves. Engenheira Civil; Mestre em Engenharia Ambiental Urbana; Coordenadora da *Rede TerraBrasil*; Coordenadora do Projeto de Investigação 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*. Currículo completo em <http://lattes.cnpq.br/4056186394947507>



USO DE RESÍDUO DA BRITAGEM DE ROCHAS BASÁLTICAS NA FABRICAÇÃO DE BLOCOS DE TERRA COMPRIMIDA

Milani, Ana Paula da Silva¹; Castro, Heleodoro Morilho²; Bertocini, Sandra Regina³

¹ Professora Adjunta – Centro de Ciências Exatas e Tecnologias, UFMS – ana.milani@ufms.br

² Aluno Iniciação científica - Centro de Ciências Exatas e Tecnologias, UFMS – leo_tml@yahoo.com.br

³ Tecnóloga - Centro de Ciências Exatas e Tecnologias, UFMS - sandra.bertocini@ufms.br

Palavras-chave: solo-cimento, resíduos da indústria de mineração, estabilização granulométrica

Resumo

Com o elevado crescimento da construção civil, as indústrias desse setor enfrentam um grande problema que cresce na mesma proporção, dar destinação correta aos resíduos gerados. Nesse trabalho, estudou-se a substituição do solo pelo resíduo gerado na britagem de rochas basálticas na fabricação de agregados para construção civil (intitulado neste artigo como finos de basalto), para fabricação de blocos de solo-finos de basalto-cimento, os quais são empregados na construção de paredes de vedação de edificações e paredes estruturais. Foi feito um estudo de dosagem com dois traços de referências de solo estabilizado com 6% e 10% de cimento, e a partir desses foram realizados traços secundários com substituição do solo por finos de basalto em proporções de 35%, 50% e 65%; sendo confeccionados corpos de prova cilíndricos e blocos de terra comprimida, e ensaiando à compressão simples e absorção de água. Os resultados foram satisfatórios em todos os traços, sendo que a substituição do solo por finos de basalto na proporção de 50% apresentou o melhor desempenho, aumentando a resistência mecânica do elemento construtivo e, por consequência, destinando adequadamente um valor expressivo de resíduos.

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

Poupar recursos naturais e destinar corretamente, e/ou economicamente, resíduos oriundos de produção industrial tem sido um dos principais objetivos das indústrias brasileiras.

Segundo ANEPAC (2010), "...a produção de agregados totalizou 481 milhões de toneladas em 2009, superando a produção de minério de ferro, que atingiu 310 milhões de toneladas, um número significativo, a qual resulta em grandes quantidades do resíduo de britagem de rochas".

Na produção de agregados britados, especificamente originário de rochas basálticas, gera-se um material sem valor comercial de mercado, material marginal, denominado de várias formas como: pó de pedra, fino de basalto, filler basáltico. Nesse trabalho adotou-se a nomenclatura de fino de basalto. Esse material é o rejeito da exploração das pedreiras de rocha de basalto e é estocado em grandes pilhas dentro da pedreira, causando vários impactos ambientais, como a emissão de partículas sólidas no ar. Outro problema, freqüentemente encontrado, é a contaminação dos agregados britados por este material pulverulento, que causa o aumento do consumo de cimento na produção de concreto.

Estudos realizados por Coelho (2001) demonstraram que esse resíduo pode ser utilizado para correção da plasticidade da argila, para fabricação de tijolos cerâmicos, para correção físico-química de solos de Mato Grosso do Sul e ainda em base de pavimentos. Assim, a potencialidade de aproveitamento do resíduo de britagem de rochas basálticas segue o viés da utilização como material mineral de preenchimento para fabricação de produtos da construção civil.

Em destaque, os blocos de terra comprimida (BTC) têm sido uma das soluções do ciclo de vida da construção civil sustentável, e tem suas características, propriedades e durabilidade melhoradas através de aplicação de agentes estabilizadores.

Ferraz e Segantini (2004), em estudos realizados com um solo areno-argiloso, demonstraram que traços com adição de 10% de cimento conseguem-se obter um material próprio para fabricação de tijolos atendendo a NBR 8492 (1984). Nesse mesmo estudo conseguiu-se reduzir a quantidade de cimento adicionando RCD (Resíduo de Construção e Demolição) ao material, comparando dois traços, um sem adição de RCD e outro com 40% de adição RCD, o ganho de resistência chega a 65%.

Souza (2006) que estabilizou o solo com percentagens de 6%, 8% e 10% de cimento (CPII-Z) e substituiu o solo por resíduos de concreto em 20%, 40% e 60% (em massa), encontrou os seguintes resultados: 3,0 MPa a 4,0 MPa para corpos de prova cilíndricos estabilizado com 6% de cimento, aos 7 dias de idade; 3,8 MPa a 4,2 MPa para corpos de prova cilíndricos com 10% de cimento, aos 7 dias de idade.

A estabilização com areia natural também é muito utilizada. Reddy et al. (2007) demonstraram a influencia do teor de argila nas propriedades físicas de blocos de solo-cimento. Demonstraram essa influencia adicionando areia ao solo a fim de diminuir a quantidade de argila, estabilizando essa mistura com 4 e 8% de cimento encontrando resultados que variaram de 0,99 MPa a 5,73 MPa, confirmando ainda, que o teor de argila ótimo está entre 14% e 16%.

Neste contexto, o presente trabalho pesquisou a estabilização de um solo com o aglomerante cimento e com a adição mineral de fino de basalto para a fabricação de blocos de terra comprimida, a fim de melhorar suas propriedades físico-mecânicas e reduzir os custos do produto final a partir da redução do uso de cimento Portland, da substituição da matéria-prima solo por finos de basalto e, conseqüentemente, a possibilidade de minimização da disposição inadequada deste resíduo da construção civil.

2. MATERIAIS E METODOLOGIA

O solo arenoso (Figura 1) utilizado em toda a pesquisa foi oriundo de uma jazida, situada na cidade de Campo Grande - MS, sendo realizados os seguintes ensaios de caracterização: análise granulométrica, segundo a norma NBR 7181 (ABNT, 1984); compactação Proctor normal, segundo NBR 7182 (1986); massa específica dos sólidos, segundo a norma NBR 6508 (ABNT, 1984); e o de plasticidade não foi realizado devido ao solo não apresentar a coesão necessária.

O cimento utilizado nesse estudo foi o CP II – F32, da marca Cauê

O resíduo fino de basalto (Figura 1) foi proveniente da mineradora localizada na cidade de Campo Grande - MS, onde fica depositado, em pilhas, ao ar livre. Após secagem ao ar livre, peneiramento na malha 2,8 mm e armazenagem em sacos plásticos; realizaram-se os seguintes ensaios: análise granulométrica, segundo a norma NBR 7181 (ABNT, 1984) e massa específica dos sólidos, segundo a norma NBR 6508 (ABNT, 1984).

Foi realizado um estudo de dosagem a partir da estabilização do solo com 10% de cimento, recomendado por Abiko (1985), e 6% de cimento (traço mais econômico), pois em estudo realizado por Dias et al (2010) mostrou que esse resíduo melhora as propriedades físicas de misturas de solo estabilizado. Substituiu-se a massa de solo em porcentagens de 35%, 50% e 65% por fino de basalto. O estudo de dosagem está ilustrado na Figura 2.

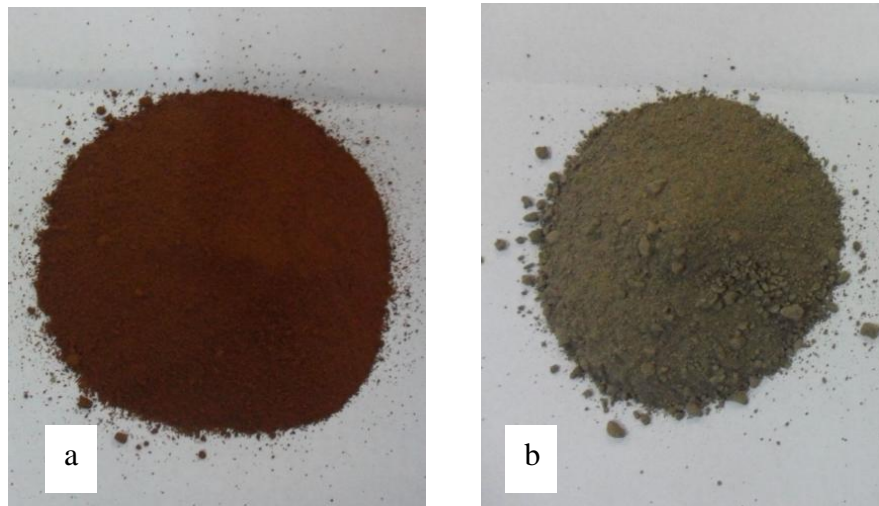


Figura 1 – (a) solo arenoso, (b) resíduo fino de basalto

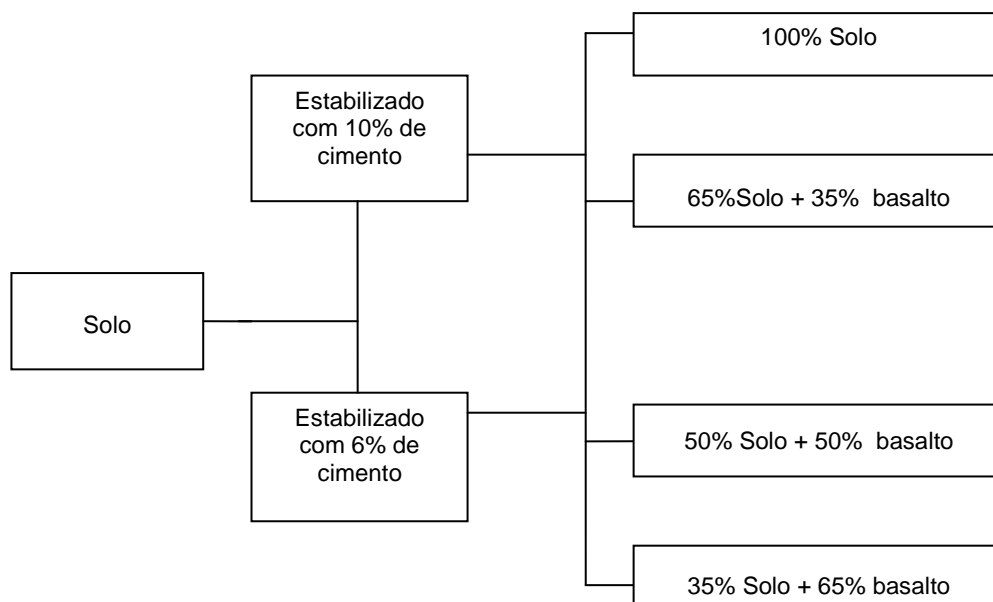


Figura 2 – Estudo de dosagem das misturas de solo-cimento-fino de basalto

Adotou-se a metodologia da norma NBR 12024 (ABNT, 1990) - Moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos - adaptado em tamanho reduzido, para facilitar a confecção dos CPs (corpos de prova cilíndricos) e diminuir a quantidade de material utilizado. Nesse método molda-se corpos de prova cilíndricos, compactando a mistura solo-cimento-água e solo-fino de basalto-cimento-água dentro de moldes metálicos, com dimensões 5 cm de diâmetro e 10 cm de altura, utilizando um martelo de massa de 767,4 g e 197,5 mm de altura de queda, sendo a energia de compactação idêntica a energia de Proctor.

Primeiramente, foi determinada a quantidade de água para cada mistura de solo-cimento-fino de basalto, segundo a norma NBR 7182 (ABNT, 1986). Depois, com a quantidade de materiais definidos para cada traço, as referidas misturas foram preparadas em misturador planetário (não se recomenda fazer em betoneira, pois a mesma não homogeneiza a mistura, ela cria “torrões” mais úmidos). Após a mistura estar uniforme, moldaram-se os corpos de prova cilíndricos.

Para cada traço da dosagem foram confeccionados 15 CPs para serem aplicados nas idades de 7 dias e 28 dias, sendo 3 de cada idade para o ensaio de resistência a compressão simples - NBR 12025 (ABNT, 1990); e 3 de cada idade para o ensaio de absorção de água - NBR 13555 (ABNT, 1996). Todos foram levados à câmara úmida, para cura até a data dos ensaios.

Após o estudo de dosagem em CPs cilíndricos, escolheu-se uma porcentagem de substituição do solo por fino de basalto para estudos na fabricação de blocos de terra comprimida (BTCs). Essa escolha se deu pelo melhor desempenho das misturas de solo-cimento-fino de basalto no que diz respeito à resistência à compressão simples e capacidade de absorção de água. Sendo assim, a proporção 50% de solo + 50% de fino de basalto estabilizada com 10% de cimento foi a que melhor apresentou desempenho físico-mecânico e a mesma foi utilizada para confecção dos BTCs (Figura 3).

Misturou-se cada um dos traços escolhidos manualmente com enxada, sendo a quantidade de água adicionada conforme a execução do “Teste de Bolo” proposto por Neves e Faria (2011). Levou-se tal mistura a prensa manual (Figura 3) para fabricação de blocos e produziu-se 20 BTCs de solo-cimento e de solo-cimento-fino de basalto, totalizando 40 blocos (4,5 x 9 x 19 cm³). Todos os blocos foram levados a câmara úmida para cura até a data dos ensaios.

Estes BTCs foram ensaiados à compressão simples, nas idades de 14 dias e 28 dias, e absorção de água, conforme a norma NBR 8492 (ABNT, 1984).



Figura 3. Fabricação dos blocos de terra comprimida de solo-cimento-fino de basalto

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A composição granulométrica do solo revelou as porcentagens de 82% de areia, 18% de silte e 0% de argila. A massa específica dos sólidos foi de 2,825 g/cm³ e caracterizou-se como solo não-plástico. De acordo com o diagrama trilinear (ou triangular) do Bureau of Public Roads- EUA, o solo foi classificado como areia-siltosa e de acordo com o sistema empregado na engenharia rodoviária Bureau of Public Roads e AASHTO, o solo foi classificado como A2-4.

A distribuição granulométrica do fino de basalto indicou faixas granulométricas de 30% de silte, 68% de areia e 2% de argila. Por ser um material com quantidade elevada na faixa granulométrica caracterizada como silte, pode-se considerar o fino de basalto como um material instável e, portanto, de fraco desempenho para o uso em sub-base e em fundações. A massa específica dos sólidos foi em torno de 3,099 g/cm³.

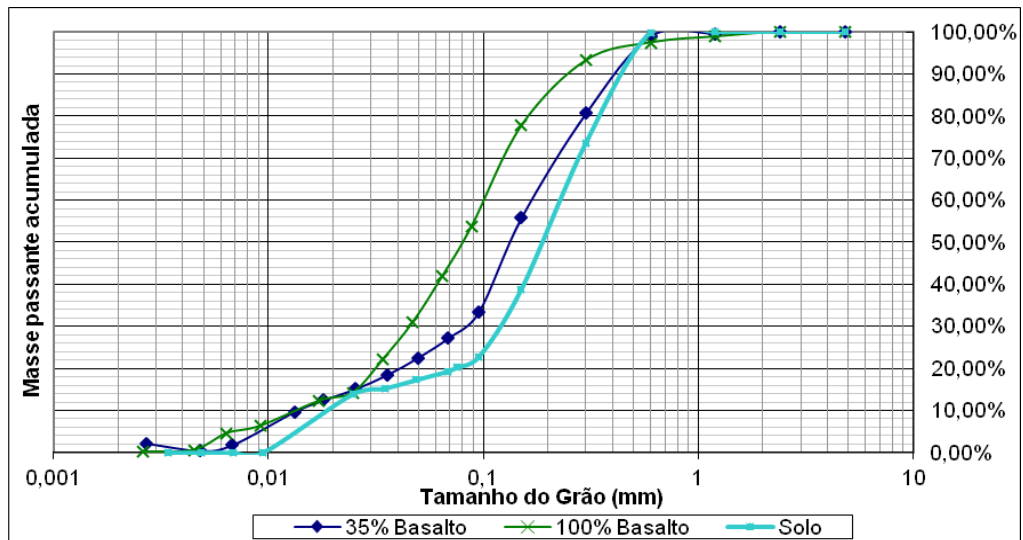


Figura 4 - Granulometria do solo, fino de basalto e mistura solo + 35% de basalto

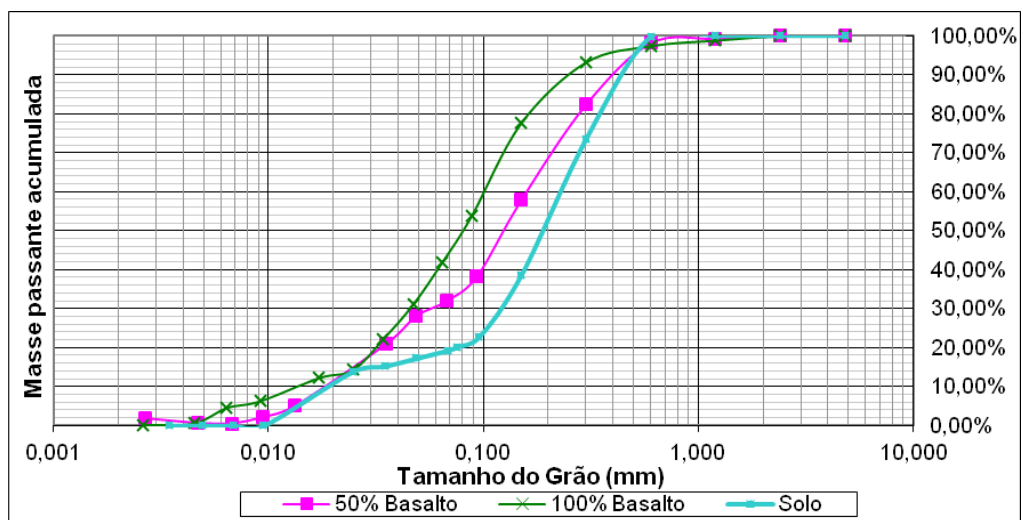


Figura 5 - Granulometria do solo, fino de basalto e mistura solo + 50% de basalto

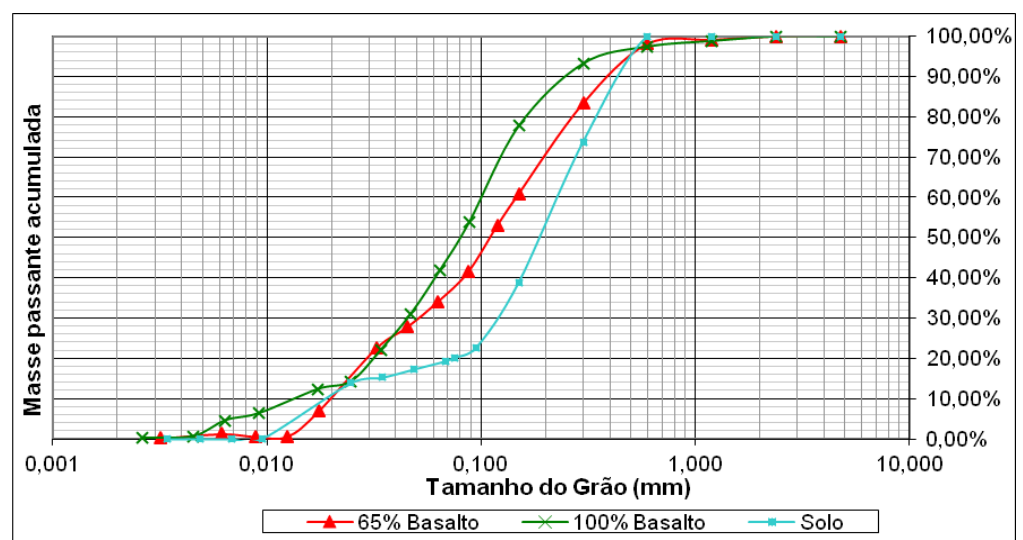


Figura 6 - Granulometria do solo, fino de basalto e mistura solo+ 65% de basalto

Analisando a Figura 4, notou-se que a distribuição granulométrica da mistura 65%solo+35%basalto apresentou semelhança ao material solo na faixa arenosa, no entanto, na faixa de silte, a mistura manteve a mesma distribuição do fino de basalto. Isso resultou em uma mistura (65%solo+35%basalto) com presença maior de finos.

Para a Figura 5, percebeu-se que a distribuição granulométrica da mistura 50%solo+50%basalto foi a composição que mais se aproximou do solo em todas as faixas granulométricas, indicando um comportamento físico semelhante ao solo.

Já a Figura 6 mostrou que a distribuição granulométrica da mistura 35%solo+65%basalto apresentou semelhança ao material solo na faixa de silte, no entanto, na faixa de areia, a mistura manteve a mesma distribuição do fino de basalto. Isso resultou em uma mistura (35%solo+65%basalto) com presença concentrada grãos na faixa de areia fina, e não distribuída como encontrada no solo.

Logo, conclui-se que a distribuição granulométrica graduada ocorreu com a mistura 50%solo+50%basalto e as demais composições de solo-fino de basalto apresentaram mudanças significativas no comportamento físico.

Tabela 1. Umidade ótima e massa específica seca máxima das misturas

TRAÇO	Wot (umidade ótima) (%)	Massa específica seca (g/cm ³)
Solo + 6% de Cimento	11,0	1,86
Solo +10% de Cimento	12,0	1,82
65% Solo + 35% Basalto + 6% Cimento	11,2	1,87
65% Solo + 35% Basalto + 10% Cimento	11,0	1,87
50% Solo + 50% Basalto + 6% Cimento	12,0	1,81
50% Solo + 50% Basalto + 10% Cimento	12,0	1,83
35% Solo + 65% Basalto + 6% Cimento	12,0	1,82
35% Solo + 65% Basalto + 10% Cimento	12,0	1,86

Tabela 2. Resistência à compressão simples dos CPs cilíndricos, com 6% e 10% de cimento

Resistência média á compressão f_c (MPa)					
Composição		7 dias		28 dias	
		6%	10%	6%	10%
Solo	f_c (MPa)	1,57	3,01	2,33	4,37
	D.P. (MPa)	0,15	0,29	0,27	0,41
	C.V. (%)	9,36	9,76	11,35	9,36
Solo + 35% Basalto	f_c (MPa)	1,40	2,50	2,23	3,82
	D.P. (MPa)	0,00	0,07	0,09	0,00
	C.V. (%)	0,00	2,94	4,04	0,00
Solo + 50% Basalto	f_c (MPa)	1,59	3,12	2,93	4,33
	D.P. (MPa)	0,09	0,63	0,54	0,54
	C.V. (%)	5,66	20,20	18,44	12,48
Solo + 65% Basalto	f_c (MPa)	1,61	3,06	2,10	3,95
	D.P. (MPa)	0,41	0,22	0,27	0,36
	C.V. (%)	25,38	7,22	12,86	9,12

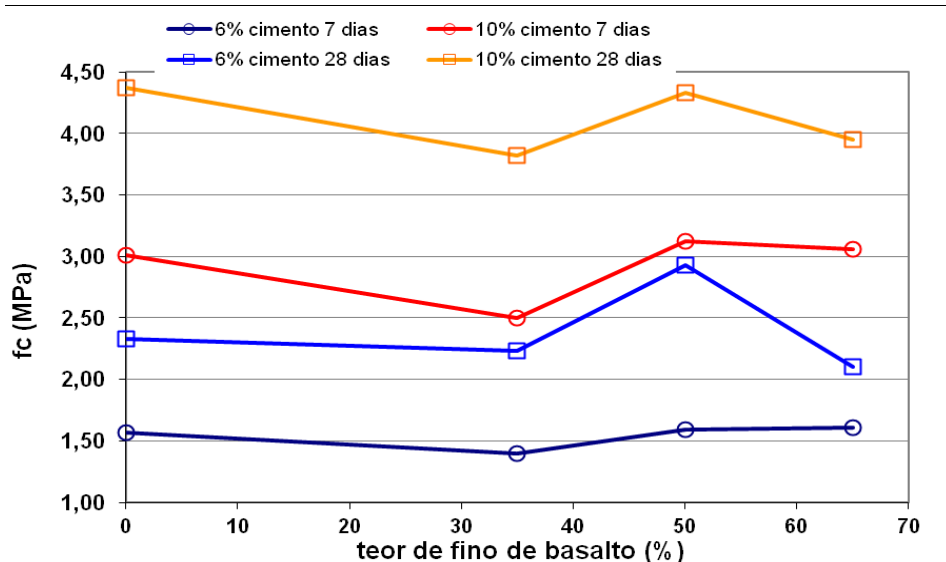


Figura 7. Resistência à compressão simples dos CPs cilíndricos, com 6% e 10% de cimento

Em relação a umidade ótima e a massa específica das misturas de solo-cimento-fino basalto (Tabela 1) não houve diferenças significativas nestas variáveis analisadas.

Observando-se a Tabela 2 e Figura 7, aos 7 dias de idades, independente do teor de cimento, nota-se que somente a incorporação de 35% de basalto resultou em uma diminuição na resistência, porém, não significativa; e as demais misturas mantiveram-se resistências semelhantes, sendo o valor médio de 1,59 MPa para misturas de solo-fino de basalto estabilizado com 6% de cimento e o valor médio de 3,06 MPa para misturas de solo-fino de basalto estabilizado com 10% de cimento. Tal comportamento corrobora a observação realizada quanto a distribuição granulométrica, ou seja, a presença maior de silte na mistura 65%solo+35% basalto proporcionou a mistura uma maior área específica e portanto as reações de hidratação do cimento não foram suficientes para a estabilização da composição.

Devido a continuação das reações de hidratação do cimento, notou-se que, independente do teor de cimento, houve o aumento significativo dos valores de resistência das misturas no decorrer de 28 dias. No entanto, os traços 65%solo+35%basalto e 35%solo+65%basalto apesar do aumento de resistência ao longo do tempo, apresentaram queda de resistência quando comparados com as respectivas resistências das misturas 100%solo e 50%solo+50%basalto. Estes fatos reafirmam as anotações encontradas na distribuição granulométrica, ou seja, somente a mistura 50%solo+50%basalto aproximou-se da granulometria do solo, e conseqüentemente, apresentou o mesmo comportamento mecânico encontrado para as misturas de 100%solo, independente do teor de cimento.

Acredita-se que pelos fatos de não haver um melhoramento no desempenho físico-mecânico das misturas adicionadas de fino de basalto e da distribuição granulométrica do fino de basalto não apresentar grãos com finura abaixo de 0,075mm, este filler não apresentou atividade pozolânica.

Tabela 3. Capacidade de absorção de água dos CPs cilíndricos, com 6% e 10% de cimento

Composição		Absorção de Água AA (%)			
		7 dias		28 dias	
		6%	10%	6%	10%
Solo	AA (%)	10,16	9,97	10,00	9,26
	D.P. (%)	0,03	0,21	0,20	0,12
	C.V. (%)	0,32	2,07	1,99	1,29
Solo + 35% Basalto	AA (%)	10,63	10,23	10,82	10,15
	D.P. (%)	0,01	0,07	0,03	0,56
	C.V. (%)	0,14	0,71	0,23	5,49
Solo + 50% Basalto	AA (%)	10,80	10,63	12,45	12,17
	D.P. (%)	0,07	0,07	0,15	0,52
	C.V. (%)	0,63	0,65	1,20	4,28
Solo + 5% Basalto	AA (%)	13,67	12,67	12,54	12,86
	D.P. (%)	0,15	0,22	0,34	0,45
	C.V. (%)	1,08	1,75	2,71	3,47

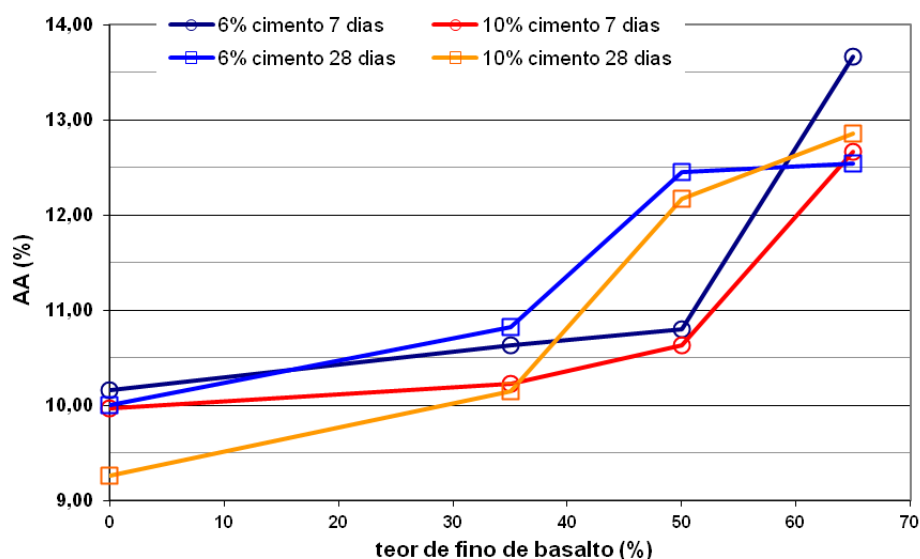


Figura 8. Capacidade de absorção de água dos CPs cilíndricos, com 6% e 10% de cimento

Em relação a capacidade de absorção de água das misturas de solo-cimento-basalto (Tabela 3 e Figura 8), foi observado um aumento os valores de absorção quando comparados as misturas nas idades de 7 para 28 dias, somente no traço com 50% de basalto nas duas porcentagens de cimento, e os demais traços houve uma estabilização. O que confirma a estabilização do solo com o cimento-basalto. O aumento do estabilizante cimento nas misturas, independente da idade e composição, não melhorou significativamente o desempenho físico do material final. O aumento da absorção de água nos corpos de prova, confeccionados com 50% de solo e basalto, dos 7 para os 28 dias não é significativo e seu valor esta dentro dos padrões estabelecidos por norma.

Os traços com 6% de cimento não atingiram os valores estabelecidos por norma e os resultados do ensaio de compressão simples e de absorção de água das misturas de solo-cimento-fino de basalto, com 10% de cimento, alcançaram os valores de resistência exigidos na norma NBR 8492 (ABNT, 1984), a qual estabelece a média da resistência à compressão superior ou igual a 2,0 MPa e 1,7 MPa como o valor mínimo individual, e média de absorção de água menor que 20% e 17% como valor máximo individual, aos 7 dias de idade. Logo, estes apresentam potencialidade de aplicação como material de construção (tijolos e blocos) para alvenaria de vedação.

Tabela 4. Resistência à compressão simples dos BTCs, com 10% de cimento

Resistência média á compressão f_c (MPa)			
Composição	Idade	14 dias	28 dias
	10% cimento		
Solo	f_c (MPa)	2,97	3,95
	D.P. (MPa)	0,25	0,06
	C.V. (%)	8,48	1,47
Solo + 50% Basalto W_{bolo}	f_c (MPa)	2,20	2,59
	D.P. (MPa)	0,21	0,20
	C.V. (%)	9,64	7,87
Solo + 50% Basalto W_{ot}	f_c (MPa)	3,01	4,00
	D.P. (MPa)	0,00	0,47
	C.V. (%)	0,00	11,70

Como observado na Tabela 4, as resistências atingiram patamares de utilização requeridos pela norma NBR 8492 (ABNT, 1984).

Como já explanado anteriormente, essa diferença ocorreu devido a utilização de duas umidades diferentes para o mesmo traço de substituição do solo por resíduo:

- A umidade ótima (W_{ot}) na confecção de um primeiro lote de blocos deste traço, que por consequência dificultou muito a produção tornando-o mais frágil na hora da retirada da maquina, pois sua compactação era mais difícil;
- Umidade utilizando o teste do bolo (W_{bolo}) que tornou a produção mais fácil, pois se utilizou menos água na mistura melhorando o desempenho dos blocos num primeiro momento, facilitando a retirada da máquina. Não foi possível a medição da umidade por falta de aparelho de precisão.

Devido a essa variação de umidade, os resultados mostraram que o traço que utiliza menor quantidade de água (teor de umidade do teste de bolo) na fabricação dos blocos, apresenta diminuição na resistência a compressão simples, porém melhora o processo de produção. Já o traço confeccionado com a quantidade de água referente a umidade ótima (W_{ot}) melhorou o desempenho físico-mecânico dos blocos e influencia negativamente durante a sua produção.

Grande (2003) também observou esse comportamento em seu estudo, visto que o equipamento de produção de tijolos (prensa manual) não permite a utilização da mistura no teor ótimo de umidade. Essa umidade tem que ser abaixo da umidade ótima, para produção, o que prejudica a hidratação do cimento diminuindo o desempenho mecânico final do produto.

Pode-se observar, também, que as resistências obtidas chegam bem próximas das resistências dos CPs cilíndricos, há um mesmo comportamento mecânico por parte do

material nos dois métodos de adensamento (dinâmica CPs e estática BTCs). Isso demonstra que a utilização de prensas manuais não afeta significativamente a resistência final do material, considerando as condições do estudo como dimensões do BTC, quantidade produzida, mão de obra experimental.

Quanto à absorção de água dos BTCs, obteve-se um valor médio de 14,4% para bloco sem substituição com desvio padrão de 1,3% e coeficiente de variação de 8,9%.

Já os traços com substituição de 50% do solo por resíduo, obteve-se um valor médio de 15,3% com desvio padrão de 1,2% e coeficiente de variação de 8,0%, com utilização da umidade pelo teste do bolo (W_{bolo}), e obteve-se um valor médio de 16,2% com desvio padrão de 1,2% e coeficiente de variação de 7,4%, para o traço que utilizou a umidade ótima (W_{ot}).

Comparando os resultados dos CPs com os resultados dos BTCs, nota-se que há um aumento na absorção dos blocos, isso ocorre devido ao tipo de adensamento utilizado na fabricação do BTC. O CP cilíndrico utiliza adensamento com carga dinâmica, já na produção dos blocos utiliza-se a carga estática, ou seja, a energia de compactação da mistura solo-cimento-resíduo influencia significativamente na variável física do produto final.

Todos os traços atingiram os valores estabelecidos por norma e os resultados do ensaio de compressão simples e de absorção de água das misturas de solo-cimento-fino de basalto com 10% de cimento, alcançaram os valores de resistência exigidos na norma NBR 8491 (ABNT, 1990).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso do fino de basalto no solo-cimento proporcionou pequenas melhoras no desempenho físico-mecânico do mesmo, a partir do seu comportamento semelhante ao solo, a qual proporcionou uma estabilização granulométrica, diminuição de recurso natural terra na composição do produto final, bem como apresentou potencialidade de destinação final ambientalmente correta para o resíduo da britagem do basalto. As misturas de solo-cimento-fino de basalto apresentaram potencialidade para uso como material alternativo de construção civil, porém as misturas com substituição de 50% do solo pelo resíduo apresentou melhor desempenho físico-mecânico frente às outras misturas, o aumento na absorção de água não ocasiona nenhum problema, visto que os valores permanecem dentro dos valores máximos estipulados por norma.

Podemos afirmar, também, que se o fino de basalto continuar sendo um material marginal, a substituição de 65% do solo pelo mesmo, pode ser uma alternativa viável, pois não precisará aumentar o consumo de cimento. Por outro lado, se este material vier a agregar valor, deve-se avaliar o custo de cada traço, escolhendo o mais econômico e sustentável.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abiko, A. K. (1985). Sistemas solo-cal / solo-cimento. In: Reunião Aberta da Indústria da Cal: O uso da cal na Engenharia Civil, 5., São Paulo. Anais... São Paulo: EPUSP/ABCP. p. 113-20.

ANEPAC (2010). Associação Nacional de Entidades e Produtores de Agregados para a Construção Civil Reportagem. Produção de agregados aquece a economia do país. Jornal Folha de São Paulo (Caderno Mercado), 15 de setembro de 2010. Disponível em < <http://betunel.com.br/betunews/?p=391> > acessado em 17 de julho de 2011.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6508 (1984): Grãos de solos que passam na peneira de 4,8 mm – Determinação da massa específica. Rio de Janeiro. 7p.

_____. NBR 7181 (1984). Solo – Análise Granulométrica. Rio de Janeiro. 13 p.

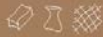
- _____. NBR 7182 (1986). Solo – Ensaio de compactação. Rio de Janeiro. 10 p.
- _____. NBR 8492 (1984). Tijolo maciço de solo-cimento - Determinação da resistência à compressão e absorção de água. Método de Ensaio. Rio de Janeiro. 4p.
- _____. NBR 12024 (1990): Solo-cimento. Moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro. 5 p.
- _____. NBR 12025 (1990). Solo-cimento. Ensaio de compressão simples de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro. 2 p.
- _____. NBR 13555 (1996). Solo - ensaio de absorção. Rio de Janeiro. 8p
- Coelho, H.P.T. (2001). Caracterização do filler basáltico: Estudo de caso na pedreira financeira em Campo grande – MS. Dissertação de mestrado em Saneamento Ambiental, UFMS, MS.
- Dias, T. B.; Milani, A. P. S. (2010). Estudo do solo pantaneiro estabilizado com cimento, cal e finos de basalto pra a fabricação de blocos prensados. Encontro de Iniciação Científica da UFMS - CNPq – PIBIC. Anais... Campo Grande: UFMS.
- Ferraz, L. N. F.; Segatini, A. A. S. (2004). Estudo Da Adição De Resíduos De Argamassa De Cimento Nas Propriedades Do Solo-Cimento. I Conferência Latino-Americana De Construção Sustentável, X Encontro Nacional De Tecnologia Do Ambiente Construído. Anais...São Paulo: CD-rom.
- Grande, F. M. (2003). Fabricação de tijolos modulares de solo-cimento por prensagem manual com e sem adição de sílica ativa. Dissertação de mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- Souza, M.I.B. (2006). Análise da Adição de Resíduos de Concreto em Tijolos Prensados de Solo-Cimento. 2006. Programa de pós graduação em engenharia civil – Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, SP.
- Neves, C.; Faria, O. B. (2011). Técnicas de construção com terra. Bauru: FEB-UNESP /PROTERRA. 79p.
- Reddy, B. V. V.; A. Gupta (2005). Characteristics of soil-cement blocks using highly sandy soils. Materials and Structures. Rilem. n.38, 651-58.

AUTORES

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.

Sandra Regina Bertocini, mestre em construção civil, tecnóloga da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul – UFMS e coordenadora do Laboratório de Materiais de Construção da UFMS.

Heleodoro Morilho de Castro, engenheiro civil, autor do trabalho de conclusão de curso a qual originou este artigo científico.



BLOCO DE TERRA COMPACTADA COM ADIÇÃO DE CINZA DE CARVÃO MINERAL

Soares, José W.¹; Bertini, Alexandre A.²; Tavares Junior, Edmas de S.³

(1) Engenheiro Civil, Departamento de Engenharia Civil, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, jwagnersoares@yahoo.com.br

(2) Engenheiro Civil, Prof. Dr. Departamento Engenharia Estrutural e Construção Civil, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, bertini@ufc.br

(3) Engenheiro Civil, Mestrando Programa de Pós Graduação em Engenharia Estrutural e Construção Civil, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, edmas.tavares@hotmail.com

Palavras-chave: Bloco de Terra Compactada; Cinza de Carvão Mineral; Construção Civil.

Resumo

Nos países que apresentam constante crescimento populacional, podem ocorrer problemas de déficit habitacional. O Brasil, conforme afirmou o Diretor de Economia do SINDUSCON-SP em apresentação na XIX FEICON em São Paulo (SINICON, 2011), para sanar o déficit habitacional e atender às necessidades das novas famílias até 2022, a produtividade média da construção civil deve passar de 1% para 3% ao ano. Desta forma, com a evolução tecnológica e a preocupação contínua pela preservação do meio ambiente, a indústria da Construção Civil busca constante e insistentemente, materiais alternativos ecologicamente corretos para suprir as necessidades inerentes à mesma e, que venha atender as condições de redução de custos, agilidade de execução e durabilidade. O presente trabalho possui como objetivo principal, analisar a viabilidade da utilização da cinza de carvão mineral na fabricação de blocos de terra compactado (BTC) com adição de cimento. Foram moldados tijolos maciços de BTC com cimento e adição de cinza de carvão mineral, em prensa manual. Observando as recomendações normativas quanto à escolha do solo, preparação do traço e propriedades mecânicas dos tijolos. Foram descritos os procedimentos adotados para a escolha do traço, moldagem dos tijolos e realização dos ensaios de laboratório. Os tijolos foram submetidos a ensaios de absorção de água e compressão simples, a fim de avaliar-se a influência da cinza nas propriedades mecânicas dos tijolos e compará-las com as propriedades recomendadas. Concluiu-se que o BTC é uma ótima alternativa como componente na construção civil, principalmente quando é utilizado na construção de casas populares, por possuir matéria-prima de fabricação de fácil obtenção, e não requerer mão de obra especializada e por ser ecologicamente correto quando comparados com os materiais tradicionais. E que a cinza de carvão mineral pode ser reaproveitada na composição de traços de BTC, satisfatoriamente, em quantidades que não ultrapassem 10% em relação à massa de cimento da mistura.

1. INTRODUÇÃO

Com o grande crescimento na construção ocorrido nas últimas décadas, principalmente nos países menos desenvolvidos, ocasiona a necessidade cada vez maior de obtenção de matéria-prima para a indústria da construção civil.

Por consequência destes fatos, surge à necessidade de se buscar materiais alternativos que possam suprir as necessidades inerentes da construção civil, de forma que estes, em comparação com os materiais já tradicionalmente utilizados neste setor, sejam de mais fácil aquisição, causem menos danos ambientais e nos quais possam ser aproveitados outros tipos de materiais, que normalmente vêm sendo descartados na natureza, principalmente os entulhos gerados pela própria atividade da construção e diversos materiais que são descartados pela indústria como rejeitos industriais.

Um material que se adequa muito bem a essas necessidades é o solo-cimento, que serve, entre outros usos, de matéria-prima para a fabricação de tijolos, conhecidos como tijolos ecológicos, justamente por apresentar as características descritas anteriormente. Embora a

grande potencialidade de uso deste material, como uma excelente alternativa construtiva, tenha sido negligenciada ao longo das últimas décadas.

O presente trabalho tem como principal objetivo analisar a viabilidade técnica de utilização de cinza, proveniente da combustão de carvão mineral na Usina Termoeletrica para a geração de energia elétrica, para a fabricação de blocos de terra compactado com adição de cimento e cinza da combustão do carvão mineral. Sendo necessário e imprescindível alcançar objetivos específicos, como:

- Estudar e determinar a proporção adequada de solo, cimento e cinza para a produção de blocos de terra compactado (BTC).
- Analisar a influência da cinza, em substituição ao cimento, nas propriedades mecânicas dos BTC.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Descreve-se a seguir os materiais utilizados, e os procedimentos adotados, que serviram de base para a elaboração deste estudo. Todos os procedimentos adotados foram executados no Laboratório de Materiais de Construção Civil Afrodízio Pamplona, com exceção dos testes de caracterização do solo que foram realizados no Laboratório de Mecânica dos Solos da UFC, ambos pertencente a instituição Universidade Federal do Ceará e localizados no Campus do Pici.

2.1 Metodologia empregada

Foi estudado o produto dosagens compostas por solo natural e substituições de cinza por cimento em 2,5%, 5%, 7,5%, 10%, 12,5% e 15%. Todos os blocos de terra compactado(BTC) foram moldados por meio de uma prensa manual, usando-se dosagens a partir do solo natural mais cimento (traço referência) e as substituições descritas acima. A realização dos ensaios de compressão e absorção dos blocos foi efetuada aos 3 dias de idade.

Para a elaboração deste trabalho seguiu-se as seguintes etapas:

- a) Escolha de um solo que estivesse dentro dos padrões considerados ideais para sua utilização na produção de BTC;
- b) Realização de ensaios de laboratório para atestar a qualidade do solo escolhido;
- c) Escolha de um traço padrão de solo-cimento a ser utilizado;
- d) Confecção dos BTC de solo-cimento-cinza;
- e) Realização de ensaios de absorção d'água e compressão, a fim de avaliar-se a influência da cinza nas propriedades mecânicas dos BTC.

2.2 Caracterização do solo

O solo utilizado para a confecção BTC foi obtido junto ao Laboratório de Mecânica dos Solos da Universidade Federal do Ceará, local onde foram realizados os testes necessários à obtenção dos parâmetros de caracterização do solo. Este solo é originário do terreno destinado à construção de um aeroporto na cidade de Jericoacoara, no estado do Ceará.

A caracterização do solo foi realizada de acordo com as Normas Brasileiras pertinentes, a seguir descritas:

- NBR 6457 – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização;
- NBR 6508 – Determinação da massa específica dos grãos;

Tabela 1. Índices físicos da cinza de carvão mineral

Item	Resultado	Norma
Umidade (%)	0,93	NBR NM 24
Massa específica (g/cm ³)	2,26	NBR NM 23

As cinzas da combustão de carvão mineral são compostas principalmente por sílica, alumina e óxido de ferro, com porcentagens menores de cálcio, magnésio, sulfatos e outras combinações. A composição química desse material depende principalmente da fonte de carvão mineral (FHWA, 1998). A tabela 2 apresenta a composição química da cinza empregada.

Tabela 2. Análise química por fluorescência de raios X da cinza

Composição química	P F	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	K ₂ O	SO ₃	TiO ₂	MgO	P ₂ O ₅	SrO
Amostra (%)	16,19	43,62	24,712	6,598	2,494	2,181	1,672	1,053	0,871	0,12	0,089
Composição química	Na ₂ O	V ₂ O ₅	Co ₃ O ₄	ZnO	CuO	ZrO ₂	NiO	MnO	Cr ₂ O ₃	Rb ₂ O	Eu ₂ O ₃
Amostra (%)	0,072	0,043	0,036	0,033	0,028	0,028	0,025	0,02	0,019	0,013	0,003

O ensaio de pozolanicidade com o cimento foi realizado de acordo com a norma NBR 5752 e o resultado encontra-se na tabela 3 o qual indica a cinza com características pozolânicas.

Tabela 3. Índice de atividade pozolânica da cinza

Argamassa	Resistência à compressão 28 dias (MPa)	Índice atividade pozolânica (%)	Água requerida (%)
Argamassa A	31,75	98,49	81
Argamassa B	31,27		

2.5 Água

A água necessária na preparação dos traços de solo-cimento, adicionado com cinza, foi obtida do Sistema de Abastecimento Público da cidade de Fortaleza estado do Ceará.

2.6 Corpos-de-prova utilizados

Os tijolos, com 20 cm x 9,5 cm x 5 cm de dimensão (figura 3), foram produzidos em uma prensa manual, controlando-se energia de compactação, a massa dos materiais colocados dentro das formas, os teores de cimento e umidade, de modo que todos os blocos foram fabricados de acordo com as dosagens estipuladas.



Figura 3. BTC com adição de resíduos

2.7 Ensaio de resistência à compressão e absorção

Os ensaios foram realizados segundo a NBR 8492 – Tijolos maciços de solo-cimento – Determinação da resistência à compressão e da absorção d'água.

As rupturas foram realizadas com 3 dias de cura. Os BTC foram curados em câmara úmida, cortados e capeados antes da ruptura. A figura 4 mostra a preparação dos BTC para o ensaio de resistência à compressão dos blocos.



Figura 4. BTC sendo preparados para o ensaio de compressão

2.8 Preparação dos traços

Foram preparados sete traços da mistura de solo com ligante na proporção de 1:10, em massa. Essa proporção foi adotada a partir de dados encontrados na literatura. Não houve preocupação nesse momento em aperfeiçoar o traço, pois nesta fase da pesquisa interessava apenas a comparação dos resultados obtidos com e sem adição de cinza.

A cinza adicionada em substituição ao cimento está apresentada nas proporções constantes na Tabela 4 abaixo:

Tabela 4. Determinação dos traços

Traço (ligante:solo)	Tipo	Ligantes (%)	
		Cimento	Cinza
1:10	1	100	0,0
1:10	2	97,5	2,5
1:10	3	95,0	5,0
1:10	4	92,5	7,5
1:10	5	90,0	10,0
1:10	6	87,5	12,5
1:10	7	85,0	15,0

Todos os traços foram preparados com 12% de umidade, em relação à massa total dos materiais secos, por se observar que com esta umidade a mistura apresentava boa consistência e boa trabalhabilidade.

3 RESULTADOS DOS ENSAIOS

Neste capítulo são apresentados os resultados dos ensaios feitos, durante a realização do trabalho. Bem como uma discussão destes resultados, em comparação às recomendações constantes nas normas NBR 10832 – Fabricação de tijolo maciço de solo-cimento com a utilização de prensa manual – Procedimento e NBR 8491- Tijolo maciço de solo-cimento – Especificação.

3.1 Granulometria

Os resultados apresentados pela granulometria do solo utilizado na realização deste trabalho são confrontados com as recomendações normativas, na Tabela 5 a seguir.

Tabela 5. Resultados do ensaio de granulometria

Solo	Recomendação NBR 10.832	Obtido no ensaio
% passando na peneira nº 4 (4,8mm)	100	100
% passando na peneira nº 200 (0,075mm)	10 a 50	39

Observa-se que, em relação à granulometria, o solo utilizado, caracterizado como sendo uma areia argilosa, está dentro dos padrões considerados ideais para a produção bloco de terra compactado (BTC).

3.2 Limites de consistência

A consistência do solo é representada, pelo limite de liquidez e limite de plasticidade, dos quais deriva o índice de plasticidade. Na Tabela 6 a seguir é feita uma confrontação entre os valores recomendados pela norma, e aqueles obtidos em laboratório para o solo em questão.

Tabela 6. Limites de consistência

Parâmetro	Recomendação NBR 10.832	Obtido em laboratório
Limite de liquidez	≤ 45%	23%
Índice de plasticidade	≤ 18%	9%

Mais uma vez observa-se que os valores obtidos através de ensaios de laboratório, para o solo em questão, estão dentro dos padrões recomendados por norma.

3.3 Ensaio de absorção d'água

Do ensaio realizado, obtiveram-se os resultados constantes da seguinte Tabela 7:

Tabela 7. Resultados do ensaio de absorção d'água

Amostra	% de cinza	M. seca (g)	M. úmida (g)	Absorção (%)
1	0,0	2345	2622	11,81
2	2,5	2244	2582	15,06
3	5,0	2075	2387	15,04
4	7,5	2287	2630	15,00
5	10,0	2329	2648	13,97
6	12,5	2254	2599	15,31
7	15,0	2200	2545	15,68

Apesar de só ter sido usado um tijolo de cada traço na realização deste ensaio, observa-se que todos os tijolos submetidos ao ensaio apresentaram valores de absorção satisfatórios, em comparação com valores recomendados pela NBR 8491.

3.4 Ensaio de compressão

Para o ensaio de compressão foram rompidos 3 corpos de prova de cada traço, sendo obtidos os resultados apresentados na Tabela 8 a seguir:

Tabela 8. Resultados do ensaio de compressão

Traço	% de cinza	Amostra	Área média das faces de trabalho (cm ²)	Carga de ruptura (kN)	Tensão de ruptura (MPa)	Tensão média de ruptura (MPa)
1	0	1	124,85	40,8	3,27	2,83
		2	127,60	24,4	1,91	
		3	128,80	42,4	3,30	
2	2,5	1	128,27	27,4	2,14	2,37
		2	133,25	32,6	2,44	
		3	127,58	33,3	2,53	
3	5,0	1	127,67	30,0	2,35	2,37
		2	127,10	31,6	2,49	
		3	127,11	28,8	2,27	
4	7,5	1	130,93	32,7	2,50	2,39
		2	124,88	28,8	2,31	
		3	131,63	31,0	2,36	
5	10,0	1	125,95	26,7	2,12	1,94
		2	125,95	25,9	2,05	
		3	130,90	21,6	1,65	
6	12,5	1	125,95	25,5	2,03	1,89
		2	127,65	26,5	2,08	
		3	125,99	19,7	1,56	
7	15,0	1	126,00	19,1	1,52	1,81
		2	128,76	23,7	1,84	
		3	123,05	25,4	2,07	

Sendo que a norma supracitada recomenda os seguintes valores para a resistência à compressão:

- Média $\geq 2,0$ MPa
- Individual $\geq 1,7$ MPa

Observa-se que o acréscimo de cinza causou uma diminuição de resistência. Porém para os traços com 2,5%, 5,0% e 7,5% de cinza, as resistências são praticamente iguais, sendo superiores às recomendadas por norma. Já para os traços com 10,0% de cinza, a resistência média fica bem próxima do limite estabelecido, podendo ser utilizado em idades maiores que sete dias. Para os traços com mais de 10% de cinza na sua composição, a queda de resistência foi mais acentuada, ficando esta abaixo do valor estabelecido.

4. CONCLUSÃO

A adição da cinza possibilitou condições técnicas favoráveis para se produzir blocos prensados de solo-cimento-cinza sem perda das características indicadas pela norma.

A cinza de carvão mineral pode ser reaproveitada na composição de traços de solo-cimento-cinza, satisfatoriamente, em quantidades que não ultrapassem 10% em relação à massa de cimento da mistura.

O aproveitamento dos resíduos da combustão de carvão mineral na fabricação de bloco de terra compactado (BTC) pode ser considerado como uma prática ecologicamente correta, pois pode contribuir para reduzir o volume de material descartado na natureza, dispensa o processo de queima na fabricação dos tijolos, evita o desmatamento e a emissão de resíduos tóxicos no meio ambiente.

Outro fato importante é a de que a cinza, quando utilizada na mistura de solo e cimento, implica a diminuição no consumo de cimento, o qual dentre os três materiais possui o maior custo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1992). NBR 5752 – Materiais pozolânicos – Determinação de atividade pozolânica com cimento Portland – Índice de atividade pozolânica com cimento. Rio de Janeiro, ABNT.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1986). NBR 6457 – Amostras de solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização, Rio de Janeiro, ABNT.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1984). NBR 6459 – Solo – Determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro, ABNT.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1984). NBR 6508 – Grãos de solos que passam na peneira de 4,8 mm – Determinação da massa específica. Rio de Janeiro, ABNT.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1984). NBR 7180 – Solo – Determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro, ABNT.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1988). NBR 7181 – Solo – Análise granulométrica

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1988). NBR 7182 – Solo – Ensaio de compactação. Rio de Janeiro, ABNT.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1984). NBR 8491 – Tijolo maciço de solo-cimento – Especificação. Rio de Janeiro, ABNT.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1984). NBR 8492 – Tijolo maciço de solo-cimento – Determinação da resistência à compressão e da absorção d'água – Método de ensaio. Rio de Janeiro, ABNT.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1988). NBR 10832 – Fabricação de tijolo maciço de solo-cimento com a utilização de prensa manual – Procedimento. Rio de Janeiro, ABNT.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2001). NBR NM 23 – Cimento Portland e outros materiais em pó – Determinação da massa específica. Rio de Janeiro, ABNT.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2003). NBR NM 24 – Materiais pozolânicos – Determinação do teor de umidade, Rio de Janeiro, ABNT.

FHWA: Turner Fairbank Highway Research Center (1998). User guidelines for waste and by-product material in pavement construction. FHWA-RD-97-148. United States Department of Transport.

SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO PESADA INFRAESTRUTURA. Disponível em: < http://www.sinicon.org.br/Sinicon_16_de_marco.pdf >. Acesso em: 14 de novembro de 2011.

AUTORES

José W. Soares, Engenheiro Civil pela Universidade Federal do Ceará.

Alexandre Araújo Bertini, Engenheiro Civil pela Universidade Federal do Ceará - UFC e Doutor em Engenharia de Estruturas pela Escola de Engenharia de São Carlos – EESSC-USP. Professor do Departamento de Engenharia Estruturas e Construção Civil da Universidade Federal do Ceará.

Edmas de Souza Tavares Junior, Mestrando do Programa de Pós Graduação em Engenharia Estrutural e Construção Civil/Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará, Bacharelado Engenharia Civil na Universidade Federal do Pará/Campus Universitário de Tucuruí - Pará.



ESTUDO DA VIABILIDADE DA FABRICAÇÃO DE BLOCOS DE SOLO-CIMENTO PARA A CONSTRUÇÃO DE ALVENARIAS COM A INTENÇÃO DE ELIMINAR A ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO

Fay, Liliana¹; Ceppas, Kristian Polborn²

- (1) Professor Adjunto, D.Sc. – Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Instituto de Tecnologia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rodovia BR 465, Km 7, CEP 23890-000, Seropédica, RJ, telefone (55 21) 3787 3742, e-mail: lilifay@ufrj.br e liliana.fay@gmail.com
- (2) Arquiteto, M.Sc., Munique, Alemanha, e-mail: kristianceppas@gmail.com

Palavras-chave: solo-cimento, bloco de encaixe, inovação

Resumo

A crescente industrialização dos materiais de construção, a evolução das técnicas construtivas e a facilidade dos transportes, de um modo geral, desvincularam a construção dos materiais locais, entretanto, a terra ainda vem se revelando como um material com vocação para reintroduzir os velhos e saudáveis hábitos de construções, sem todavia excluir a procura por inovações técnicas coerentes com o meio ambiente e que possam vir a contribuir para a elaboração de processos mais simples e baratos. O presente trabalho desenvolveu uma nova morfologia para um elemento construtivo fabricado com material de baixo custo e fácil aquisição: o solo-cimento, material e procedimento comprovadamente testado e normalizado. O redesenho do elemento construtivo busca facilitar a elevação da alvenaria através de inovação no processo construtivo, no qual a argamassa de assentamento pode ser eliminada por um perfeito sistema de encaixe. Uma vez desenvolvido o projeto do bloco de encaixe, a ferramenta de prensagem foi fabricada e protótipos foram conformados experimentalmente com diversas misturas de solo-cimento demonstrando a viabilidade da produção. Além disso, os protótipos foram ensaiados dentro das exigências normativas, tendo sido submetidos aos ensaios de resistência à compressão, absorção de água e verificação dimensional, onde ficou constatada a conformidade dentro dos limites determinantes, à exceção do parâmetro teor de absorção de água.

1. INTRODUÇÃO

Com a crescente industrialização a construção civil transformou-se em uma indústria como as outras regidas pelas mesmas leis de produção e o uso da terra foi sendo progressivamente substituído por materiais cada vez mais sofisticados como o aço, o concreto, o alumínio, os plásticos, etc. Entretanto, a terra vem se revelando um material com a maior vocação para reintroduzir os velhos hábitos econômicos, saudáveis e saudosos de construção, que todavia, não devem excluir a procura por novos materiais e técnicas coerentes com o nosso meio ambiente, contribuindo para a elaboração de processos mais simples e baratos (Neves, 1994). A terra pode ter a sua impermeabilidade e resistência mecânicas sensivelmente aumentadas com a simples adição de quantidades mínimas de outros materiais com função estabilizadora tais como: a cal, o cimento, os aditivos químicos, etc. A essa técnica, hoje em dia, dá-se o nome de “*estabilização a frio*”.

Inúmeras pesquisas foram implementadas desde o início da década de 80 até os nossos dias sobre a aplicação dos materiais tradicionais, sobre a transformação local de matérias primas para componentes construtivos básicos e reaproveitamento de resíduos industriais localizados. Essa vertente se fortaleceu cada vez mais na medida em que o sistema financeiro da habitação dava sinais de exaustão, impossibilitando a contratação de obras convencionais ou pré-fabricadas. Para os fabricantes de materiais, já consagrados pelo uso, projetou-se um sistema de certificação de conformidade com as normas de desempenho. Para as inovações tecnológicas foi projetado outro sistema de homologação com foco em produtos e processos.

Segundo Castro (1993), a engenharia do produto trabalha com processos de fabricação e métodos quantitativos na definição de produtos, enquanto que o desenho industrial propõe um método de concepção de produto integrado à concepção do processo. As inovadoras alternativas tecnológicas constituem um conjunto de opções que satisfazem em princípio as condições sociais econômicas e ambientais e que podem inspirar soluções inovadoras em comparação com as técnicas conhecidas. Há, então, a necessidade de se dar ênfase na racionalidade do projeto dos componentes envolvidos no processo de montagem de casas para se atingir a produtividade almejada em termos de número de unidades produzidas.

Sempre que, por condições restritivas, torna-se inviável dar à obra uma montagem industrial e altamente mecanizada, a execução de processos construtivos através da auto-construção ou de mutirão utilizando componentes ergométricos racionalizados é uma alternativa. É o caso da aplicação do solo-cimento na manufatura de componentes construtivos devido a sua adaptabilidade a conformações estáveis e as suas múltiplas possibilidades de utilização como material de construção.

Atualmente, inúmeras universidades e institutos de pesquisas vêm investigando este assunto e procurando sensibilizar a opinião do segmento ligado ao problema habitacional.

2. OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho foi desenvolver racionalmente o projeto de um elemento construtivo, bloco de encaixe em solo-cimento, destinado à construção de alvenarias sem a utilização de argamassas. Através do desenvolvimento de uma forma que garantisse qualidade dimensional obter um novo processo construtivo com perfeito sistema de encaixes que pudesse atender a uma arquitetura modulável, mas flexível ante as mudanças culturais e econômicas dadas através do desenvolvimento social, do crescimento populacional e da expansão urbana das cidades.

Como objetivo específico tem-se: a produção de elementos construtivos realizados com diversas misturas de solo-cimento executados através de ferramenta adaptada (molde) a uma prensa hidráulica, gerando os protótipos para a verificação à resistência a compressão, à absorção de água e dimensional.

3. FABRICAÇÃO DE BLOCOS DE SOLO-CIMENTO

Segundo Oliveira (1994), podendo possuir etapas de produção tanto manuais como mecanizadas, o processo típico de produção de blocos de solo-cimento envolve: a extração do solo, o armazenamento de matérias-primas, operações de destorroamento e peneiramento do solo, dosagem de solo, estabilizante e ou aditivos e água, homogeneização e conformação da mistura, seguida de cura e secagem do produto final, e ainda o controle da qualidade do bloco. Embalagem e transporte fazem parte da distribuição.

O processo de conformação de solo por prensagem a seco é um dos mais simples e utilizados. O solo com pequeno teor de umidade ou contendo um ligante preenche um molde metálico ao qual é aplicada determinada pressão, conformando um sólido compacto em “estado verde”, o qual ainda demanda a cura para a utilização.

Representando a síntese de todo o processo, a conformação é a parte mais importante, pois é ela que dará figura aos componentes até então disformes, definindo forma e função ao produto. A pressão de compactação é fator determinante nas propriedades do elemento. Independentemente do estabilizante utilizado, as propriedades do solo compactado variam linearmente e na razão direta com o incremento da pressão de compactação até 4 MPa ou 10 MPa, dependendo das características do solo; a partir desses limites, as propriedades tornam-se assíntotas ou mesmo invertem o comportamento no caso de alguns solos. A partir de 0,7 MPa de pressão os elementos já apresentam condições de serem utilizados

para alvenarias. Procura-se aplicar pressões tais que possibilitem atingir 100% de compactação em relação ao ensaio Proctor normal, embora relações de até 80% desse índice resultem em bons produtos. As taxas de compactação, que dependem da energia aplicada e das características do solo, devem situar-se entre 1,65:1 e 2:1. A figura 1 ilustra a distribuição da densidade dentro de um molde cilíndrico de acordo com as condições de prensagem.

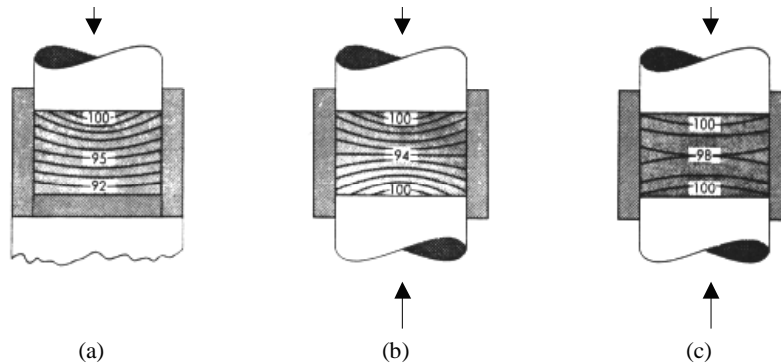


Figura 1 – Distribuição da densidade num molde cilíndrico sob várias condições de prensagem: (a) prensado de um lado; (b) prensado dos dois lados; (c) prensado dos dois lados com lubrificante (Norton, 1973)

O ciclo de operação de uma prensa consta de três etapas: alimentação do molde, compactação e extração do elemento do molde. A alimentação do molde pode ser manual ou automática. Em ambos os casos deve-se tomar o devido cuidado para que o volume de material recebido pelo molde seja sempre uma constante. Com relação à compactação, em prensas mecânicas a pressão é aplicada até o final do curso definido normalmente por um mecanismo excêntrico; já nas prensas hidráulicas a pressão pode ser determinada até que o êmbolo atinja um determinado percurso ou até que o sistema de potência atinja a pressão máxima. A extração do elemento é feita normalmente pelo deslocamento do fundo do molde, que o empurra para cima até a sua borda.

Após a conformação o produto precisa perder a água que foi adicionada, ao mesmo tempo em que ela participa do processo de reação química do estabilizante. Em ambos os casos, o processo de secagem resulta num gradiente de umidade entre o centro e a superfície do elemento. A qualidade do produto final depende de uma série de controles executados sobre as matérias-primas, o processo de produção e o produto final. Os controles mais usuais são: do solo (homogeneidade e granulometria), da umidade (do solo e da mistura), do produto (dimensional, de resistência mecânica e de durabilidade) (Faria, 1995).

4. BLOCOS VAZADOS DE SOLO-CIMENTO

Os blocos de solo-cimento se assemelham em tudo aos tijolos de solo-cimento com exceção de seu formato, a presença de furos e a prensa necessária para a sua fabricação. São suas dimensões que definem que a prensa a ser utilizada seja uma prensa hidráulica, com duplo sentido de compactação. A prensa hidráulica com um sentido de compactação destina-se à fabricação de elementos com altura de até 80 mm, possuindo um pistão compactador, enquanto que a prensa de duplo sentido de compactação é utilizada para a fabricação de elementos com altura de até 200 mm, possuindo 2 pistões compactadores.

4.1 Normatização

As normas da ABNT conforme as recomendações resumidas pela tabela 1 para a produção e ensaios de blocos de solo-cimento foram introduzidas na década de 80 quando o IPT e o

BNH¹ realizaram pesquisas direcionadas ao solo-cimento. Ainda em vigor, podemos citar: a NBR 10833 – Fabricação de tijolo maciço e bloco vazado de solo-cimento com utilização de prensa hidráulica – Procedimento (ABNT, 1989), a NBR 10834 - Bloco vazado de solo-cimento sem função estrutural – Especificação (ABNT, 1994), a NBR 10835 - Bloco vazado de solo-cimento sem função estrutural - Formas e dimensões – Padronização (ABNT, 1994) e a NBR 10836 - Bloco vazado de solo-cimento sem função estrutural - Determinação de resistência à compressão e da absorção d'água - Método de ensaio (ABNT, 1983).

Tabela 1. Recomendações normativas da ABNT para blocos de solo-cimento (Fay, 1999)

Tipo	Dimensões cm			Resistência à Comp. MPa		Absorção d' Água %	
	Comp.	Larg.	Altura	7 dias		3 blocos	
A	40	10	15				
B	40	15	15	Individual	Média	Individual	Média
C	40	20	15	2,0	2,5	≤ 22	≤ 20

Como características do solo, este deve atender aos requisitos de passar 100% pela peneira n° 4 da ABNT (4,8 mm) 10% a 50% pela peneira de n° 200 (0,075 mm) obter limite de liquidez ≤ 45% e índice de plasticidade ≤ 18%.

Com o intuito de não tolher a criatividade dos inventores, a NBR 10835 deixa uma abertura para os blocos especiais poderem ser fabricados com formas e dimensões diferentes dos blocos comuns, desde que suas especificações sejam acordadas entre as partes interessadas.

5. REDESENHO DO BLOCO

O projeto, do redesenho da morfologia do bloco de encaixe cuja função principal é otimizar o sistema construtivo da alvenaria eliminando a argamassa de assentamento, visou quem, onde e como ele será usado, levando em conta os parâmetros: forma e função, modulação, ergonomia, estética e aparência, técnica, economia e sustentabilidade.

5.1. Forma e função

A conformação de um elemento para um grupo construtivo é determinada pela função técnica que deve ser preenchida pelo sistema, e o projeto de um sistema é adequado à montagem quando atende inicialmente às quatro condições: que seja encaixável, preferencialmente de maneira simples por sobreposição, com um mínimo de perda de tempo, e se possível sem ferramentas.

Assim sendo, o projeto do bloco procurou satisfazer as funções pertinentes ao sistema de alvenaria:

- Resistir às cargas de ventos e/ou outros efeitos sem que a segurança de seus ocupantes seja prejudicada;
- Resistir a impactos sem manifestar sinais de ruínas;
- Resistir à ação do fogo sem produzir gases tóxicos;
- Isolar acusticamente os ambientes;
- Contribuir para a manutenção do conforto térmico no inverno e no verão;
- Impedir a entrada de ar e de chuva no interior dos ambientes;
- Conduzir tubulações de água, eletricidade e telefonia.

A usinagem por eletroerosão e por máquinas com controle numérico tem possibilitado a execução de novas formas, com superfícies complexas e de transição e assim praticamente deixou de existir a limitação da definição de formas. O projeto da morfologia do elemento (figura 2), em concordância com as normas da ABNT, inova nas formas dadas ao material solo-cimento procurando atender aos requisitos acima citados através da:

1. Introdução em sua altura 2 (dois) furos circulares de dimensões adequadas a propiciar:
 - a passagem de tubulações, inclusive a de 50 mm;
 - câmaras de ar atuando no isolamento térmico e acústico;
 - fôrma para o preenchimento de colunas estruturais;
 - economia de matéria prima de fabricação diminuindo custos e aliviando o peso, facilitador do manuseio e do transporte.

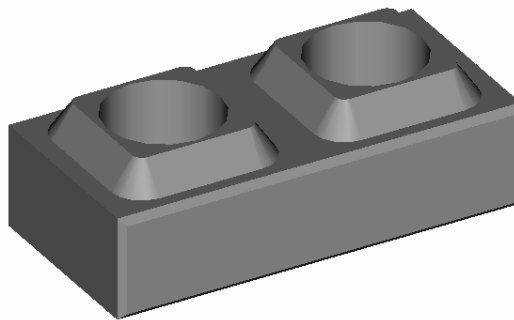


Figura 2 – Desenho técnico do elemento (perspectiva) (Fay, 1999)

2. Introdução em suas faces (superior e inferior) de um sistema de encaixe com excentricidade cônica. Na face superior o encaixe é do tipo macho e na inferior do tipo fêmea, com forma e dimensão adequadas a resistir às cargas horizontais de vento, impacto e/ou outros efeitos, além de contribuir para o impedimento da entrada de ar e chuva;
3. Adição de chanfros nas arestas, com a finalidade de evitar quebras de manuseio muito comum em quinas vivas e ainda facilitar a aderência de argamassas de revestimento;
4. Manutenção de espessura das paredes do bloco com dimensões compatíveis a resistir impactos que porventura possam ocorrer.

Os quesitos de folga e tolerância foram levados em conta em relação ao sistema de acoplamentos dos encaixes (tipo macho e fêmea), fundamentais no alinhamento, esquadro e nivelamento do sistema alvenaria. A folga admissível, que é a distância máxima permitida entre as partes acopladas para que não haja comprometimento ficou estabelecida em 1 mm e a tolerância, variação real em relação a medida teórica, em +0,25 e -0,5 mm. A folga existente entre os elementos prevê as distensões dimensionais da ordem média de 0,050% com a finalidade de evitar o aparecimento de trincas no sistema alvenaria.

5.2. Modulação

O ponto de partida do projeto do elemento foi o estabelecimento de sua modulação, que se baseou na *modulação européia para elementos construtivos de alvenaria*. Esta modulação, que é o incremento unitário de dimensões do sistema, foi fixada em múltiplos de 12,50 cm no sentido longitudinal e transversal da edificação e em múltiplos de 6,25 cm no sentido da altura. A fixação deste módulo permite atingir uma elevada combinação de medidas que

podem atender as necessidades do projeto arquitetônico e, ainda, possibilita que as partes sejam montadas em vários tipos de arranjos, mantendo um elevado grau de intercambiabilidade (figura 3). Assim sendo, o elemento ficou definido em suas dimensões básicas em: 25,0 cm no comprimento, 12,5 cm na largura e 6,25 cm na altura.

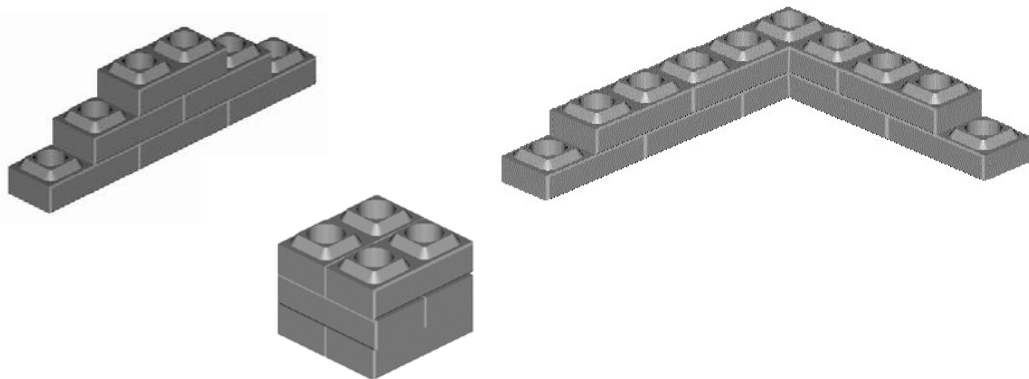


Figura 3 – Algumas combinações de arranjos (Fay, 1999)

O número de elementos necessários para a execução de alvenarias de meia vez² ficou estabelecido em 4 unidades por metro linear e 64 por metro quadrado e de uma vez³ em 8 unidades por metro linear e 128 por metro quadrado. Deve-se ressaltar ainda, que o sistema alvenaria requer a utilização do meio elemento dimensionado em 12,5 cm de comprimento por 12,5 cm de largura por 6,25 cm de altura para a execução das amarrações bem como terminações de vãos de portas e janelas.

5.3. Ergonomia

Em relação à antropometria têm-se três aspectos físicos do homem a serem considerados: tamanho físico, capacidade de geração de força e potência e habilidade de manipulação. O fator ergonomia foi estudado de modo a facilitar e simplificar a utilização do elemento pelo ser humano, evitando fadigas desnecessárias. A morfologia e as dimensões do elemento propiciam o fácil manuseio seja pelo seu formato, seja pelo seu peso, evitando esforços desnecessários no transporte, traslado e assentamento. Suas dimensões estão relacionadas com a anatomia da mão do ser humano e a adequabilidade ao sistema construtivo tradicional.

5.4. Estética e Aparência

As proporções foram dimensionadas de modo a atender aos quesitos da estética, apresentando maior atratividade visual através das relações: 0,5:1; 1:1 e 1:2 definidas para as dimensões de altura largura e comprimento do bloco. A aparência foi estudada de modo a transmitir ao usuário solidez, naturalidade e tradição através do tamanho do elemento, de sua superfície lisa e regular e do uso natural do material. Além disso, o usuário consegue fazer uma associação visual com a alvenaria tradicional porque, através da forma obtida com o chanfro das arestas do elemento, ele faz lembrar o tradicional tijolo a vista.

5.5. Técnica e economia

A morfologia do elemento ajusta-se às necessidades exigidas pela técnica de fabricação de elementos em solo-cimento quando contempla o atendimento dos requisitos das normas (NBR-10833, 10834, 10835 e 10836) no que se refere à resistência, precisão e rendimento, ficando assim, determinado os limites de racionalidade do projeto. A técnica escolhida para a fabricação dos blocos propicia uma integridade de arestas e vértices, superfícies de

textura lisa, cor natural, dimensões uniformes, esquadro e planeza sem distorções. Ao se alinhar os fatores de conformação à técnica de fabricação eliminando-se variáveis inúteis consegue-se economia de tempo em relação à definição de detalhes e métodos de montagem, ausência de retoques, cortes e reajustes, maior rapidez na execução da alvenaria e eliminação de desperdícios levando a uma economia como um todo e tornando o sistema alvenaria mais eficiente. O grau de precisão e de confiabilidade do sistema foi estabelecido em função da correta otimização do projeto, com respeito ao seu futuro desempenho e vida útil, contra seu custo.

6. MATERIAIS E MÉTODOS DE ENSAIO

O solo foi retirado de uma jazida localizada em Duque de Caxias, próxima ao Parque Gráfico da Editora Globo, sendo um solo representativo da maioria dos solos encontrados nos Municípios do Estado do Rio de Janeiro. Trata-se de um solo areno-argiloso, A7₆, segundo classificação do Bureau of Public Roads. O cimento utilizado foi o cimento Portland composto com fíler CPlI F-32 da marca Mauá. Pelo método físico-químico de dosagem de solo-cimento o solo ensaiado indicou um teor de cimento em peso mínimo de 6%, sendo adotado 9%. O caulim utilizado foi o produto comercializado no mercado e a areia a lavada comum. Uma vez que o real sistema de produção poderá achar-se a mercê das mais diversas localidades, portanto dentro de uma enorme diversidade de matérias primas, procurou-se selecionar para a confecção dos protótipos dos blocos, tipos de misturas com diversos percentuais de materiais em sua composição para serem avaliados segundo as diretrizes normativas. A tabela 2 apresenta os diversos percentuais em peso das misturas pesquisadas.

Tabela 2 – Mistura de materiais, percentuais em peso (Fay, 1999)

Mistura	Solo	Caulim	Areia	Cimento
I	82%		9%	9%
II	73%		18%	9%
III		14%	77%	9%

Foi desenvolvida ferramenta especial para a confecção dos protótipos (figura 4) dentro da morfologia desenvolvida e adaptada em prensa hidráulica com taxa de compactação de até 250 toneladas do LAMAT da UFRJ. Os protótipos foram produzidos de acordo com as exigências normativas da NBR 10835/94 – Bloco vazado de solo-cimento sem função estrutural formas e dimensões (blocos especiais) e NBR 10833/94 – Fabricação de tijolo e bloco vazado de solo-cimento com a utilização de prensa hidráulica.

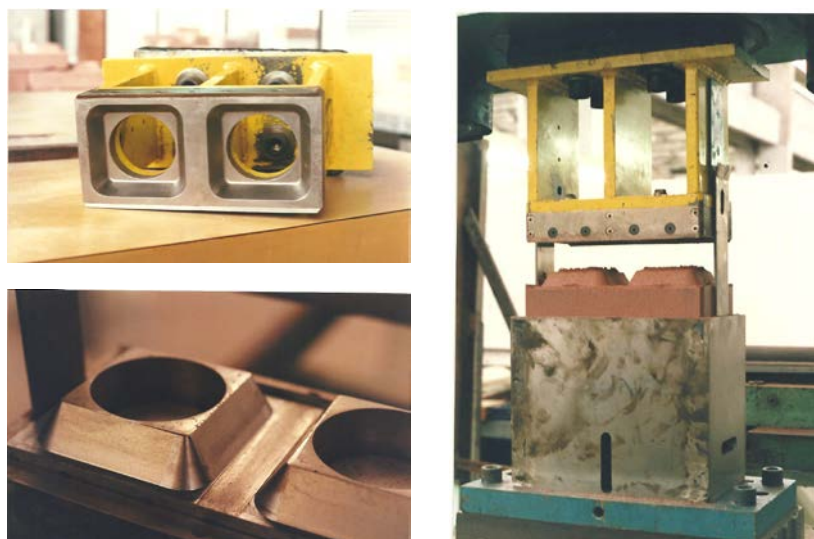


Figura 4 – Ferramenta em montagem e adaptada para a prensagem dos protótipos (Fay, 1999)

Após cuidadoso desmolde, cada bloco era imediatamente numerado, pesado em balança de até 10 kg e colocado sobre uma superfície lisa, dentro de saco plástico vedado, onde ficaria submetido a cura úmida até 7 ou 28 dias, quando então seriam levados ao ensaio de resistência à compressão, absorção de água e verificação das dimensões.

Através dos ensaios (figura 5) o experimento procurou atender em um primeiro momento as exigências das normas: NBR 10834/94 Bloco vazado de solo-cimento sem função estrutural – Especificação e NBR 10836/94 Bloco vazado de solo-cimento sem função estrutural Determinação da resistência à compressão e da absorção d'água – Método de ensaio.

Em um segundo momento, conseguir atender os quesitos determinados na morfologia do projeto: integridade de arestas e vértices, superfícies de textura lisa, esquadro e planeza sem distorções, folgas e tolerâncias e através da mínima variação dimensional ser capaz de promover um perfeito sistema de encaixes justapostos.

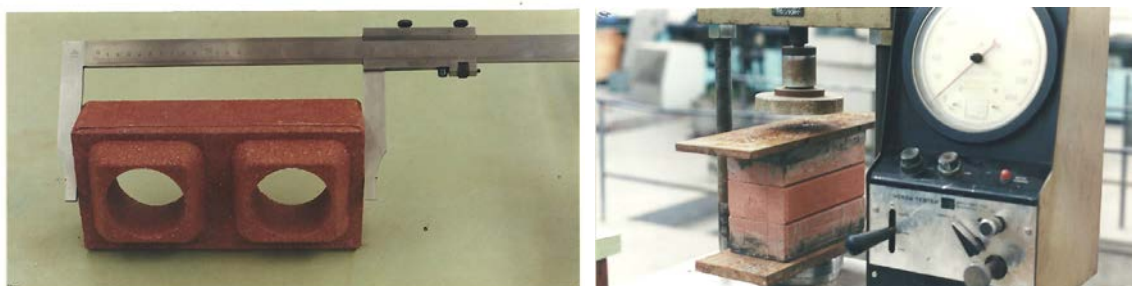


Figura 5 – Protótipos sendo ensaiados quanto à verificação dimensional e a resistência à compressão (Fay, 1999)

6.2. Resultados e discussão

A Tabela 3 apresenta os resultados da média obtida através dos ensaios realizados com 10 protótipos de cada mistura.

Tabela 3 – Média dos resultados obtidos nos ensaios (Fay, 1999)

Mistura	Resistência à	Resistência à	Absorção	Dif. dimensional
	compressão aos 7 dias	compressão aos 28 dias		
	MPa	MPa	%	Comp. Larg. Alt.
I	8,2	11,4	21	-0,22 -0,20 +0,04
II	9,4	12,3	20	-0,22 -0,17 +0,12
III	10,8	14,0	19	-0,33 -0,25 +0,16

Observa-se pela tabela 3 que a mistura I foi a que apresentou menor resistência à compressão e maior absorção d'água e a mistura III apresentou maior resistência com menor absorção. Em relação às dimensões não houve uma variação significativa entre as misturas.

7. CONCLUSÕES

Os protótipos em sua grande maioria atenderam a norma NBR 10836/94, principalmente no que concerne à resistência à compressão, quando todos eles excederam as especificações de 2 MPa atingindo uma média de 12 MPa, ultrapassando, inclusive, a exigência normativa para blocos cerâmicos estruturais categoria E, que é de 10 MPa. Com relação à absorção de água: 22% para valores individuais e 20% para a média, os protótipos que foram confeccionados com a mistura I (21%) não atenderam aos valores médios, apesar de que, em sua grande maioria, individualmente, os atenderam. Ficou desta maneira evidente que caso o solo não atenda as especificações da norma, este deverá ser corrigido ou com outro tipo de solo ou com aditivos para que possa atender as solicitações do ensaio de absorção.

Em atendimento a norma NBR 10834/94 com relação à variação dimensional os protótipos também atenderam as especificações, sendo que esta variação não se manifestou comprometedoramente aos propósitos almejados pelo sistema de encaixe. Assim, ficou constatada a viabilidade da fabricação do bloco de encaixe em solo-cimento, conforme a morfologia estipulada em projeto, para se executar alvenarias, seja de vedação ou auto-portante, com a intenção de eliminar a argamassa de assentamento. No que concerne a eliminação da argamassa de assentamento pelo sistema de encaixes há a necessidade de prosseguimentos nos estudos do sistema alvenaria.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Castro, J. (1993). Modelos de desenvolvimento de produto para a construção. *Revista Estudos em Design* v.1, n.1, p. 36-39. Rio de Janeiro, (ago) 1993. Associação de Ensino de Design do Brasil.
- Faria, J. R. G. de (1995). Unidade de produção de tijolos de solo estabilizado. In: *Anais do Workshop Arquitetura com Terra*, p. 126-140. São Paulo: FAVUSP.
- Fay, L. (1999). *Desenvolvimento de um elemento construtivo de encaixe utilizando solo-cimento para a construção de alvenarias com a intenção de eliminar a argamassa de assentamento*. Dissertação de M. Sc, FAU/UFRJ, Rio de Janeiro. 220 p.
- Neves, C. M. (1994) *Inovações Tecnológicas em construções com terra: o solo-cimento*. Bahia: CEPED.
- Norton, Frederick Harwood-1896 (1973). *Introdução à tecnologia cerâmica*. São Paulo: EPUSP. 325 p.
- Oliveira, L. C. D. (1994). *A estabilização de solos aplicada à habitação, um estudo de misturas de solo-cimento*. Tese de M. Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro. 236 p.

NOTAS

- 1 IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo e BNH – Banco Nacional da Habitação que foi um banco público brasileiro voltado ao financiamento e à produção de empreendimentos imobiliários.
- 2 A dimensão transversal do bloco coincide com a medida da largura da parede
- 3 A maior dimensão do bloco coincide com a medida da largura da parede

AUTORES

Liliana Fay, professor adjunto da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, lotada no Instituto de Tecnologia, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, graduada pela Faculdade de Arquitetura e Urbanismo Farias Brito (1977), mestre em Arquitetura - PROARQ (1999) e doutora em Engenharia Civil - COPPE (2006) programas da Universidade Federal do Rio de Janeiro, desenvolve pesquisas direcionadas à Racionalização da Construção com ênfase em Desenvolvimento de Produtos, abordando os seguintes temas: Sistema Construtivo em Blocos de Encaixe de Solo-Cimento, e obtenção de Cerâmicas Fosfáticas a partir de Resíduos Industriais. Na área de ensino, atua focada nas disciplinas de Composição e Modelagem das Estruturas Arquitetônicas e Projeto de Arquitetura direcionada às áreas de Habitação, Turismo, Esporte e Lazer.

Kristian Polborn Ceppas, possui o título de Mestre em Arquitetura e Energia (Meio Ambiente) pela Universidade Técnica de Berlim (2010), graduação em Arquitetura e Urbanismo pela Bennett - Centro Universitário Metodista (2007) e em Marketing pela Universidade Estácio de Sá (2002). Trabalha com a prática da arquitetura de baixo consumo energético, contemplando as diversas possibilidades de integração das construções com a natureza. O escritório onde atua, Architekturwerkstatt Vallentin, AWV, Alemanha, se caracteriza pela proposta de integração entre arquitetura e meio ambiente, desenvolvendo técnicas construtivas com intuito de atingir padrões passivos de consumo energético de acordo com as regras do pioneiro selo do Passivhaus Institut - Darmstadt.



ANÁLISE DE ESTRUTURAS EM TAIPA DE PILÃO

Sato, Márcia H. Y. ¹; Brasil, Reyolando M. L. R. da F. ²

- (1) Aluna de Pós-Graduação– Departamento de Engenharia de Estruturas e Geotecnia, Escola Politécnica, USP – Av. Prof. Almeida Prado, trav. 2, 271, +55-11-3091-5367 e marciahsato@yahoo.com.br
(2) Professor Associado– Departamento de Engenharia de Estruturas e Geotecnia, Escola Politécnica, USP – Av. Profº. Almeida Prado, trav. 2, 271, +55-11-4191-1978 e reyolando.brasil@gmail.com

Palavras-chave: estruturas (análise)¹, taipa de pilão ², construção tradicionais ³.

Resumo

Este trabalho contribui para estabelecer bases para a análise de estruturas feitas em taipa de pilão. Esse material, constituído quase que somente por terra obtida no local da obra, tem todas as propriedades do que se chama uma *construção sustentável*, incluindo um mínimo de consumo de energia, se comparado às estruturas convencionais em aço e concreto. O objetivo desse trabalho é analisar a resistência do tipo de estrutura em referência. Inicia-se com uma breve descrição das técnicas de construção e de seleção, e preparo dos materiais, com a intenção de obter parâmetros que são o insumo para a análise propriamente dita. Foi utilizado, para a análise das estruturas, o método dos elementos finitos, processado no programa comercial SAP2000. Nesse programa foram modeladas estruturas tridimensionais com o objetivo de verificar o comportamento quando utilizado o material taipa de pilão. Nessa análise é possível verificar a resistência e as deformações de todas as paredes estruturais, de pequena espessura, de modelos numéricos de construções monolíticas em taipa. Face aos resultados dos processamentos feitos conclui-se que edificações de paredes finas de taipa de pilão podem ser executadas sem que se ultrapassem valores recomendáveis de tensões de compressão ou tração.

1. INTRODUÇÃO

A pesquisa do tema *Análise de Estruturas em Taipa de Pilão* constitui um dos campos incluídos no conceito da *Sustentabilidade* no mundo inteiro. Diante desse pressuposto, buscou-se realizar uma pesquisa no sentido de verificação da resistência de estruturas desse tipo.

Essa técnica construtiva é a mais antiga e mais amplamente utilizada pelo homem em todo mundo (Lourenço, 2002), por numerosas razões, que podem ser sintetizadas em ambientais, econômicas e sociais.

Em todas as civilizações, a construção em terra sempre esteve presente, passando pelas devidas adaptações técnicas e culturais para atender às necessidades do homem e de seu ambiente construído. O conhecimento e a habilidade necessários para se construir com terra foram transmitidos gradativamente para outras regiões (Neves, 1995). Foi utilizada, principalmente, em regiões como a Mesopotâmia (e.g. os Jardins Suspensos da Babilônia), Egito Antigo, e na Muralha da China, construída em terra, no ano de 3.000 a.C. (Taveira, 1987). Foram encontrados vestígios de sua utilização nas construções do Oriente (Pérsia, Assíria, Babilônia), África (Egito), Europa, China e das Américas.

No Brasil, as construções com terra constituem a grande maioria da arquitetura colonial, trazida pelos portugueses e africanos, uma vez que não se tem nenhuma evidência de construções realizadas por índios nativos, empregando a terra como material de construção (Neves, 1995).

A vantagem básica de se construir com o método da taipa de pilão é a utilização do próprio solo em sua forma natural ou com aditivos (quando não se dispõe de um solo com as características desejadas). Nesse tipo de construção, o solo é o material quase exclusivo da

construção. Quando se tem solo argiloso, a técnica é possível de ser aplicada e, com o avanço tecnológico, pode-se obter uma estrutura mais resistente, durável e moderna.

Esta pesquisa não visa eliminar outros processos construtivos desenvolvidos pela construção civil, mas valorizar as possibilidades da terra crua. As possibilidades de melhorar o desempenho da argila são muitas, como adicionar pequenas quantidades de aglomerantes como a cal ou cimento, conferindo maior resistência mecânica; acrescentar agregados leves, palhas ou fibras para reduzir o efeito de retração e tornar a construção mais leve; adicionar asfalto natural e óleos vegetais ou animais para diminuir a permeabilidade ou reduzir a retração e melhorar as condições de durabilidade, (Ramos, 2006), (Taveira, 1987).

O presente trabalho contribui para o desenvolvimento do conhecimento necessário para a utilização da taipa de pilão na construção civil. Nele houve a preocupação da aplicação de métodos utilizados em campo com melhoramentos; ensaios em laboratórios, desde a confecção dos corpos de prova à determinação da resistência à compressão e do módulo de elasticidade; aplicação da análise numérica de modelos de estruturas em um programa de elementos finitos. Para a realização deste último trabalho, utilizou-se o programa SAP2000 v14.1.0 (Integrated Solution for Structural Analysis & Design) na determinação das tensões normais de compressão e tração em estruturas em taipa de pilão.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

De início, coletaram-se parâmetros dos materiais através da pesquisa em campo e laboratorial. Para a elaboração dos corpos de prova, os solos foram coletados no Canteiro Experimental pertencente à Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (FAU) – USP, no período de 2009.

Foram coletados solos de três locais diferentes no Canteiro Experimental, verificando-se a existência de terra vermelha e amarela. Os ensaios para a verificação das propriedades do solo que mais se utilizam em canteiro de obra são o *ensaio da caixa*, para verificar a retração e as rachaduras, e o *ensaio do vidro* para verificar a proporção da argila, areia e silte (para um solo ideal é preciso que a porcentagem de areia seja menor do que a argila, ou seja, 30% de argila e 70% de areia (ABCTerra, 2009)); teor de umidade. Assim, foi possível escolher o solo para a próxima etapa, que foi à terra amarela, por obter 40% de areia e 60% de argila, fazendo uma pequena correção para a confecção dos corpos de prova.

Para a confecção da moldagem dos corpos de prova, utilizou-se a simulação do método de construção em taipa, para que ficasse o mais real possível, utilizou-se um corpo de prova de diâmetro de 15 cm por altura de 30 cm (tamanho máximo do molde para realização dos ensaios no equipamento da prensa mecânica) e com o solo adequado. A compactação foi através de apiloamento manual, chamada de mão de pilão, segundo Montoro (1994) compacta camada de 10 a 15 cm de altura.

O tempo de secagem das paredes de taipa de pilão varia de 3 a 6 meses, dependendo da altura e espessura da parede, tipo de solo utilizado e condições climáticas (Pisani, 2006). Com a adição de 5% cimento CP II – E32, fizemos cura nos tempos de 7, 14, 28, 60, 120 e 180 dias, para verificação da rigidez da taipa de pilão, mas como podemos notar no gráfico 1, não houve mudança da rigidez efetiva.

Segundo Abiko (1980), com a adição de cimento ao solo permite obter um material com as seguintes vantagens: a absorção e a perda da umidade não causam variações volumétricas; não se deteriora quando submerso em água; e a resistência à compressão é semelhante ao tijolo de barro cozido.

No Laboratório de Tecnologia de Pavimento da Escola Politécnica (LPT - POLI) – USP, realizou-se o ensaio de resistência à compressão simples do solo adotado, que consistiu na moldagem de corpo de prova cilíndrico e, posteriormente, na medição de seu comportamento à aplicação de carga axial por prensa mecânica (NBR 12025, 1990). Com esse equipamento foi possível obter um resultado bastante preciso, porque são utilizados sensores ultrassônicos no corpo de prova e, à medida que o corpo está sendo deformado, se faz a coleta de dados.

Foram utilizados os corpos de prova nos tempos de cura de 7, 14, 28, 60, 120 e 180 dias. Obtiveram-se desses testes os valores da carga, deformação, tensão normal e o módulo de elasticidade de um modelo de construção em taipa de pilão. Esses resultados foram necessários para a utilização do programa SAP2000 v.14 na análise numérica de modelos.

Os resultados obtidos com a prensa mecânica estão apresentados nos Gráficos 1 e 2, a seguir.

Gráfico 1. Resultados da resistência à compressão e a tração

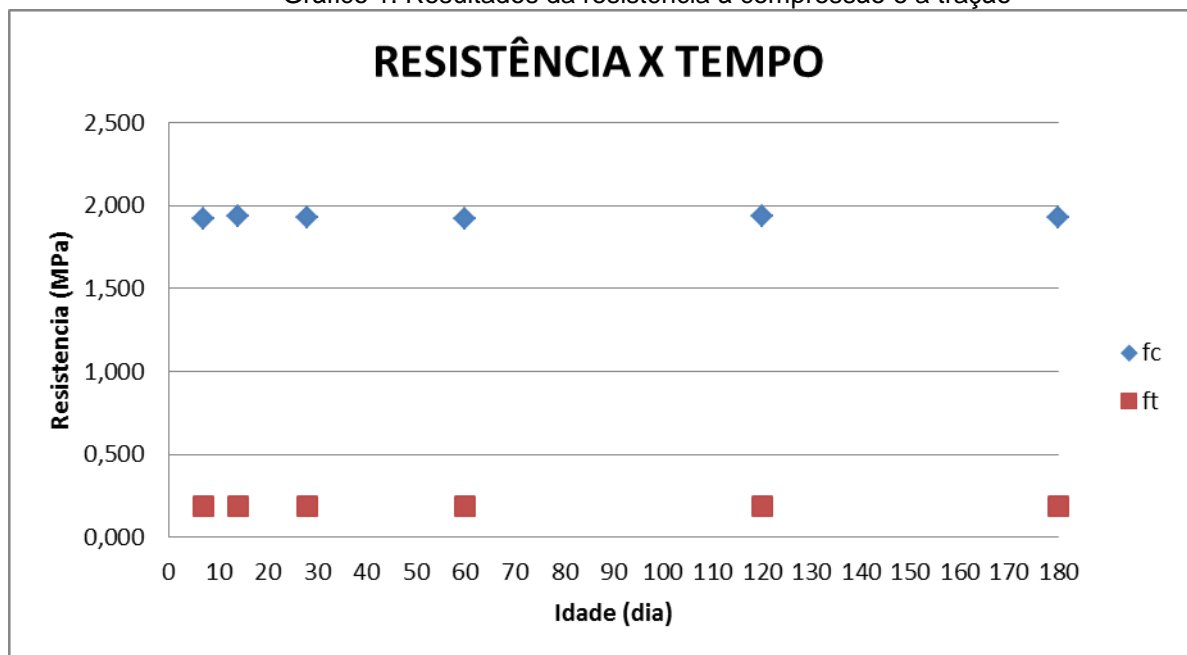
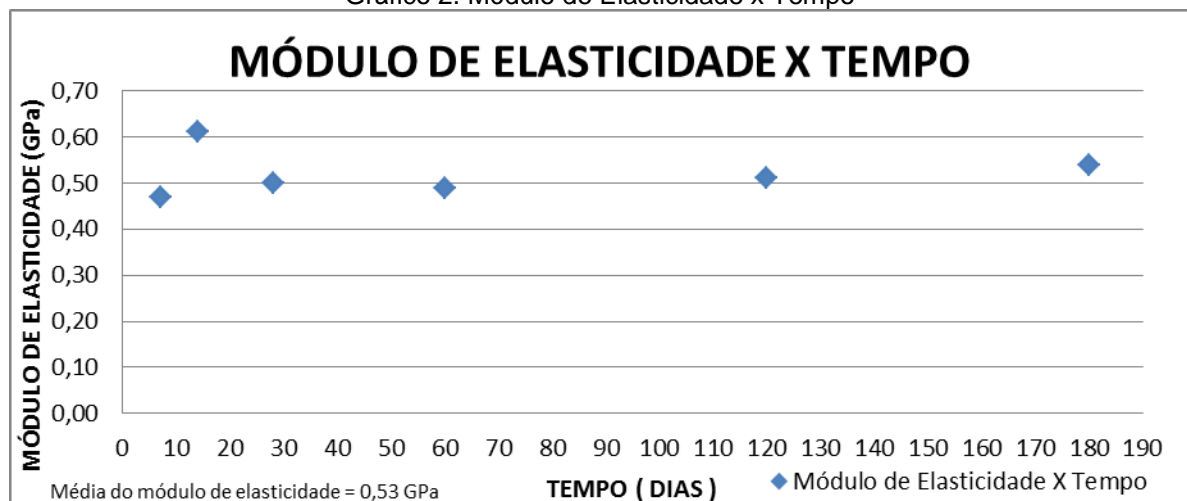


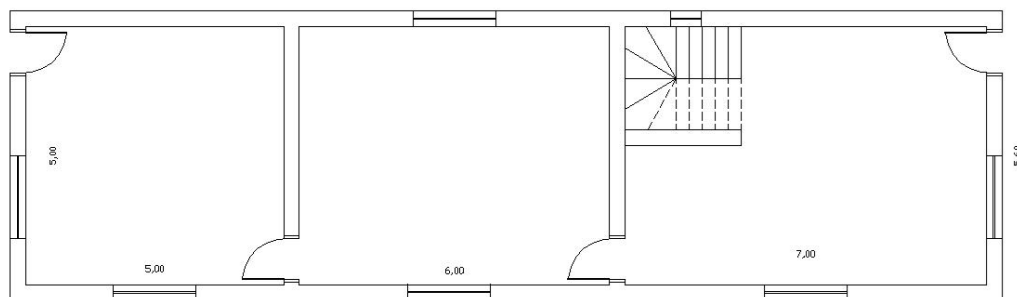
Gráfico 2. Módulo de Elasticidade x Tempo



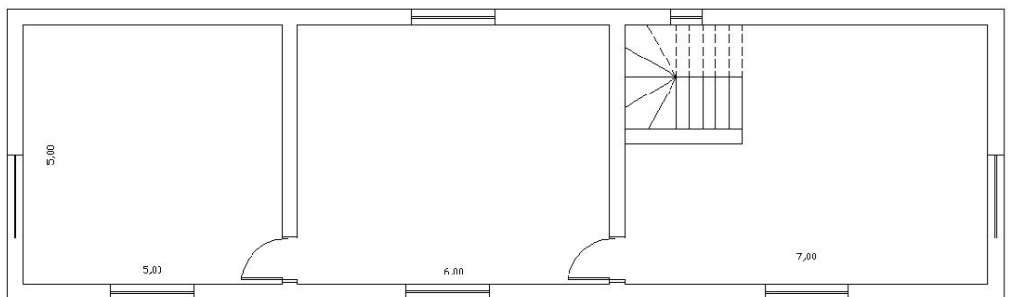
Conclui-se (gráfico 1), que a resistência a tração e a compressão, os valores ficaram constantes para todos os tempos de cura dos corpos de prova, sendo a resistência a compressão de $f_c = 1,94$ MPa e resistência a tração de $f_t = 0,28$ MPa. Utilizando como parâmetro as normas do tijolo maciço de solo-cimento NBR 8491 (1984), podemos verificar que a resistência à compressão, que estabelece, como mínimo, o valor médio de 2,0 MPa, e nenhum valor inferior a 1,7 MPa.

Com a avaliação dos resultados dos corpos de prova, através do módulo de elasticidade e o tempo de cura, obtivemos a média do módulo de elasticidade (gráfico 2) de 0,53 GPa.

Para a análise numérica de uma estrutura em taipa de pilão, foi proposta a planta de um edifício residencial de dois pavimentos, com espessura de parede $d = 30$ cm, como pode-se verificar na figura 1.



Pavimento Térreo - sem escala



Pavimento superior - sem escala

Figura 1. Plantas dos pavimentos

Valores de carregamentos incluídos no modelo numérico para verificação de deformação de tração e compressão.

- Peso específico da taipa: $\gamma = \frac{P}{V} = \frac{4P}{\pi\phi^2h} = 19.627,27$ N/m³, sendo:

γ = peso específico;

P = peso próprio do corpo de prova;

V = volume do corpo de prova;

ϕ = diâmetro do corpo de prova;

h = altura do corpo de prova;

- Coeficiente de Poisson para o solo $\nu = 0,30$ (Texeira, 1996);

- Módulo de elasticidade utilizado: $E = 0,53$ GPa (ver gráfico 2);

- Espessura da parede: $d = 30 \text{ cm}$;
- Peso próprio do assoalho de madeira com a estrutura = 300 N/m^2 (NBR 6120, 1980);
- Carga acidental vertical residencial = 1800 N/m^2 (NBR 6120, 1980);
- Peso próprio do telhado com estrutura de madeira e telhas de cerâmicas = 1.500 N/m^2 (Moliterno, 1981);
- Coeficiente de *Poisson* da madeira no plano radial-longitudinal às fibras $\nu = 0,37$ (Silva, 2006);
- Programa utilizado: SAP2000 v14.1.0 – Advanced – Global – N, m, C.

A implantação do pavimento térreo, sendo que, nos vãos não possuem nenhuma esquadrias, somente o uso da verga, e a implantação da laje com suas respectivas cargas distribuída e a carga acidental residencial, ficou da seguinte forma ($V1=1.896,07 \text{ N/m}$, $V2=2.003,40 \text{ N/m}$, $V3=1.779,86 \text{ N/m}$ e $V4=1.290,60 \text{ N/m}$), como mostra a figura 2-a. O carregamento da cobertura resulta em: peso próprio da cobertura, com cargas distribuídas e concentradas, como mostram as figuras 2-b ($1.590,70 \text{ N/m}$ para cada lado) e 2-c ($P1=36,00 \text{ N}$, $P2=41,70 \text{ N}$, $P3=43,90 \text{ N}$ e $P4=38,30 \text{ N}$).

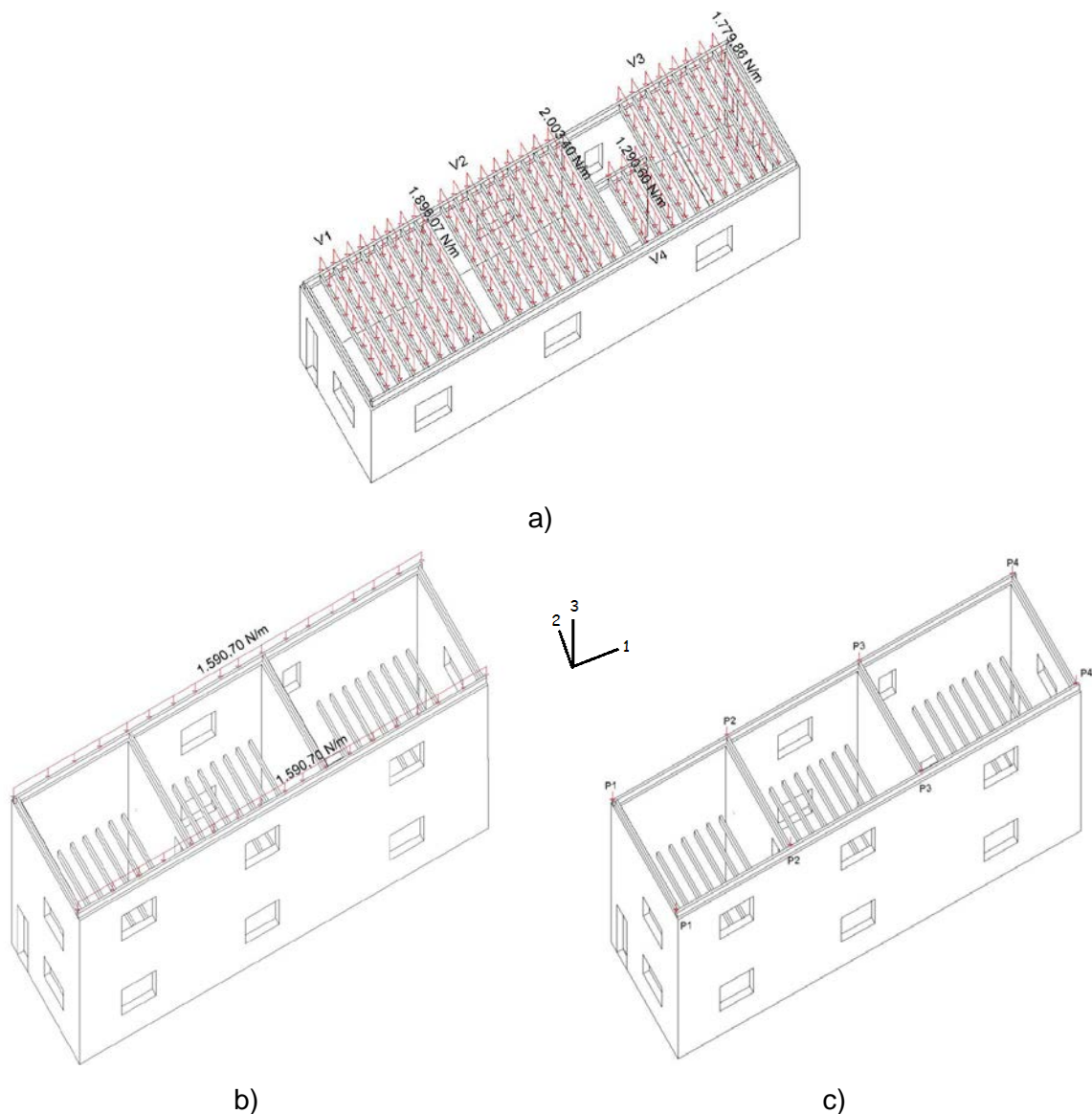


Figura 2. Carregamentos nos pavimentos

3. RESULTADOS

Os resultados foram obtidos por análises numéricas feitas com o programa SAP2000 v14.1.0, utilizando-se elementos finitos de sólido. Como citado anteriormente, os modelos estudados não utilizaram nenhuma esquadria nos vãos, somente o uso de vergas.

3.1. S11 – Tensões normais nas fachadas longitudinais

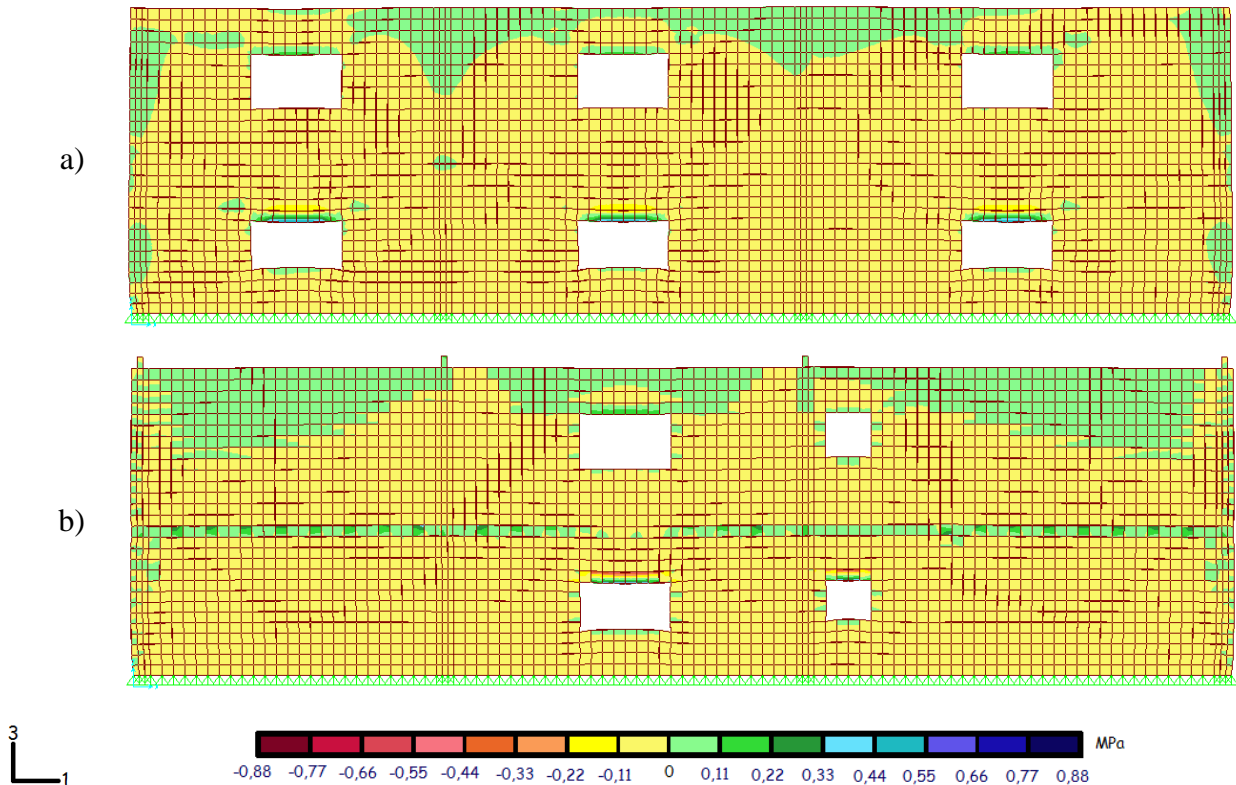


Figura 3. Fachadas longitudinais – deformada aumentada em 500

Analisando a figura 3-a, verifica-se que as tensões de trações ocorreram devido ao engastamento do assoalho gerando uma pequena deformação no meio da estrutura. No pavimento superior, por não haver um engastamento, verifica-se uma maior deformação. Nas aberturas, na parte superior, as fibras são tracionadas.

No modelo estrutural da figura 3-b, as regiões tracionadas ocorrem nas aberturas. Na região superior, pela carga aplicada do telhado (e por não haver um engastamento), aparece no meio da estrutura uma pequena região tracionada, devido ao engastamento da laje intermediária. As maiores tensões observadas no modelo foram de 0,11 MPa para tração e 0,22 MPa para a compressão.

3.2. S22 – Tensões normais nas fachadas transversais e intermediárias

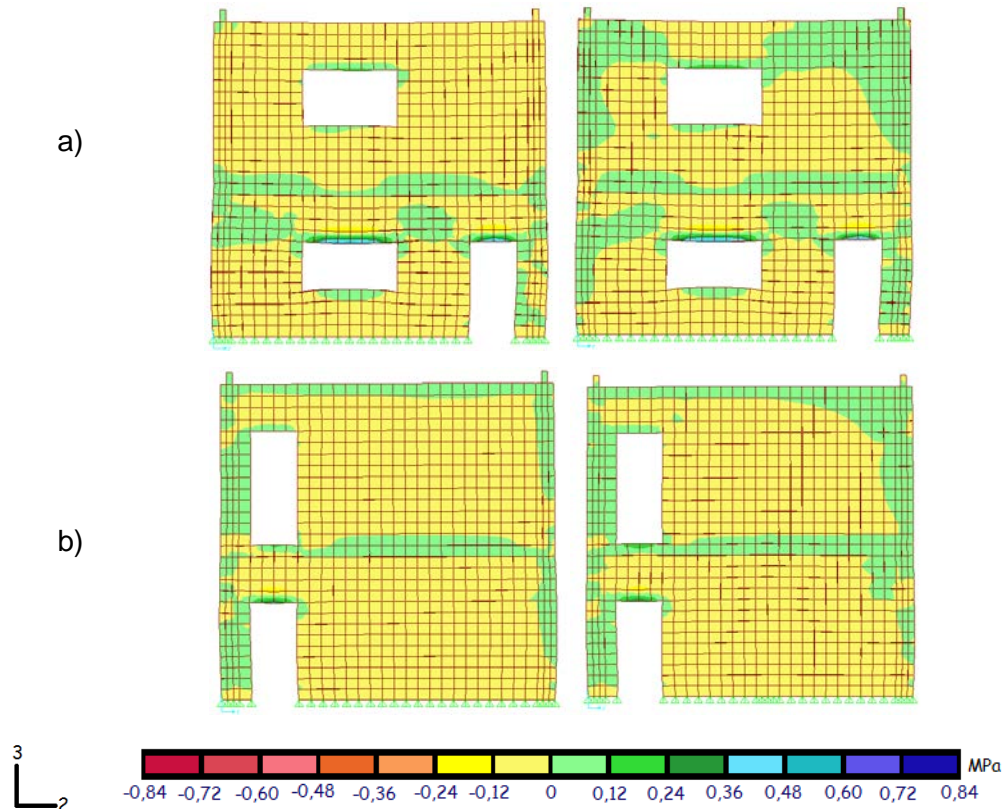
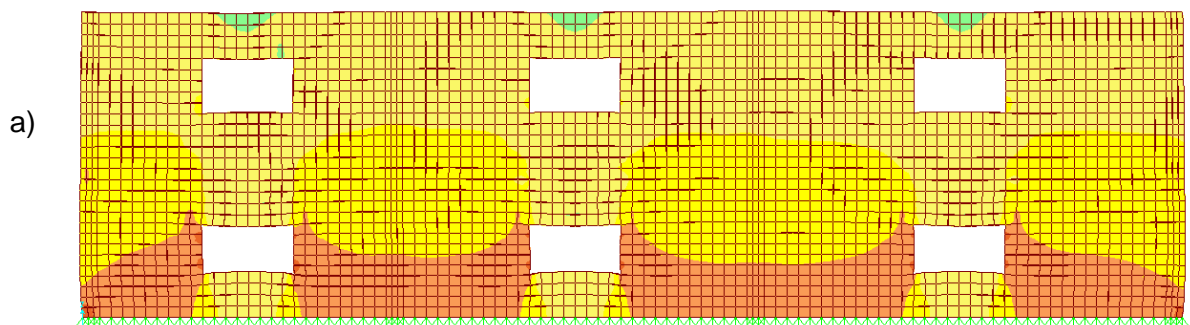


Figura 4. Fachadas transversais e intermediárias – deformada aumentada em 500

Analisando a figura 4-a, pode-se verificar que a região tracionada se deve às paredes longitudinais estarem restringindo a deformação. Já no meio, por existir uma cinta do assoalho, a madeira absorve os esforços de tração. Na parte superior a carga concentrada do carregamento da cobertura causa flexão. Nas aberturas, com a colocação das vergas, a região tracionada diminuiu. Próximo das aberturas (figura 4-b), as fibras são tracionadas. As maiores tensões observadas no modelo foram de 0,12 MPa para tração e o mesmo valor para a compressão.

3.3. S33 – Tensões normais nas fachadas longitudinais



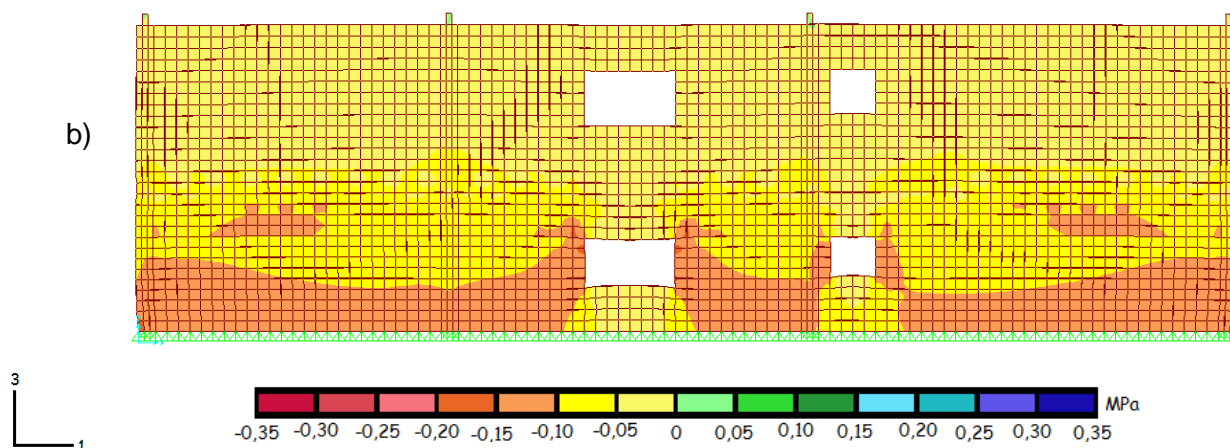


Figura 5. Fachadas longitudinais - deformada aumentada em 500

Analisando (figura 5-a), a tensão de tração está agindo próximo das aberturas superiores, assim as fibras se alongaram na direção 3. O aumento da tensão normal de compressão (figura 5-a e 5-b) no pavimento térreo ocorre devido à ação do carregamento da laje intermediária, juntamente com o carregamento que atua no piso superior. As maiores tensões observadas no modelo foram de 0,05 MPa para tração e 0,15 MPa para a compressão.

3.4. S33 – Tensões normais nas fachadas transversais e intermediárias

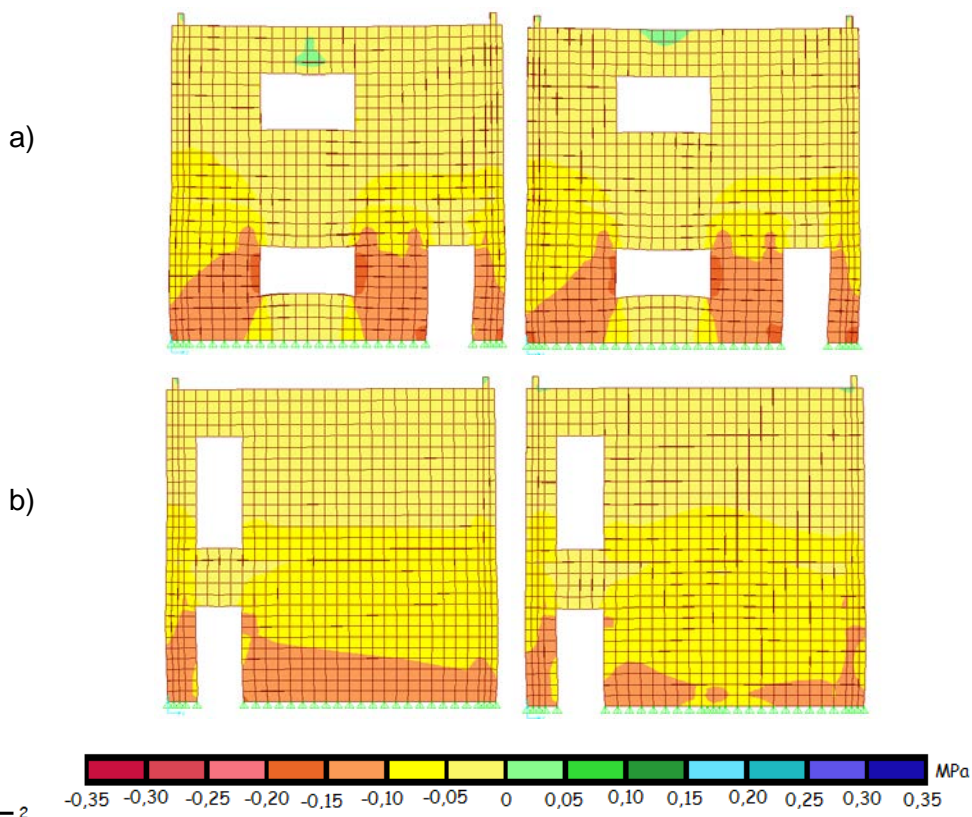


Figura 6. Fachadas transversais e intermediárias - deformada aumentada em 500

Na análise do modelo estrutural S33 (figura 6-a e 6-b), constatamos que, com a verga nas aberturas, a região tracionada não existiu. O aumento das tensões normais de compressão

do pavimento térreo ocorre devido à ação do carregamento da laje intermediária juntamente com o carregamento que atua no piso superior. As maiores tensões observadas no modelo foram de 0,05 MPa para tração e 0,15 MPa para a compressão.

Pode-se concluir que a estrutura em taipa de pilão com verga resistiu às tensões de tração e compressão, conforme resultados da resistência calculados anteriormente $f_c=1,94$ MPa e $f_t=0,28$ MPa.

4. CONCLUSÃO

Esta pesquisa pretendeu resgatar tecnologias e materiais rudimentares de grande importância para a construção, sem esquecer-se da preocupação da sustentabilidade. Assim, ela contempla a análise das estruturas de taipa de pilão, na qual podemos comprovar que uma construção de terra com uma quantidade irrisória de aditivo pode ficar muito resistente.

Além disso, nesta pesquisa, é possível verificar a resistência de todas as paredes de um modelo numérico, incluindo seus vãos, de uma construção de dois pavimentos, resultando em tensões e deformações muito pequenas.

Assim, conclui-se que a estrutura em taipa de pilão, com verga, de espessura de parede $d = 30$ cm, resistiram às tensões de tração e compressão, conforme os resultados das resistências obtidos nos ensaios de laboratório.

É válido ressaltar que ainda há muito a pesquisar, pois o tema abrange um grande campo. Tópicos de interesse futuro compreendem a resistência de uma viga, grandes vãos, diminuir a espessura da parede aumentando o aditivo, ou misturando outros materiais e aumentando a quantidade de pavimentos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abiko, A. K. (1980) Tecnologias Apropriadas: Tijolos e Paredes Monolíticas de Solo-Cimento. 115p. Tese (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1973.

Associação Brasileira dos Construtores com terra - ABCTerra: Arquitetura de Terra, 2009 – Disponível em: <www.abcterra.com.br/construcoes/index.htm> Acesso em 11 abr 2010.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6120: Cargas para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro. 1980. 5p.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 8491: Tijolo Maciço de solo-cimento. Rio de Janeiro. 1984. 4p.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 12025: Solo-cimento – Ensaio de compressão simples de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro. 1990. 2p.

Lourenço, P.(2002). Arquitetura de Terra: uma visão de futuro, disponível em: http://www.ikaza.com.pt/presentationlayer/resourcesuser/documentos/estudos/study_terra_futuro.pdf. Acesso em 11/04/2010.

Moliterno, A. (1927). Cadeerno de projetos de telhados em estruturas de madeira. São Paulo: Edgard Blücher, 1981, 421p.

Montoro, P. (1994). Como Construir Paredes de Taipa. Folheto desenvolvido à partir do workshop sobre paredes de taipa, ministrado pelo arquiteto Davi Easton e equipe para protótipo habitacional em Pindamonhangaba – SP. Produzido pelo ILAM – Instituto Latino Americano, e escritório Arquiteto Paulo Montoro e Associados. São Paulo.

Neves, C. M. M. (1995) Inovações Tecnológicas em Construção com Terra na Íbero-América. In: *ORNSTEIN, S. W. (Org). Workshop: Arquitetura de Terra*. São Paulo: FAU-USP, p. 49 – 60.

Pisani, M. A. J. et al.(2006). Canteiro Experimental: Prática ou Invenção?. *Aedificandi Revista de Arquitetura e Construção (Especial)*, São Paulo, v. I, n. 2, p. 1 – 15, out 2006.

Ramos, M. E. R.; Cunha JR, H. Taipa como Processo Construtivo: Ensino Cooperativo entre Comunidades, Arquitetos e Engenheiros. In: *COBENGE 2006, Ensino de Engenharia: Empreender e Preservar, 2006, Passo Fundo. Anais do XXXIV COBENGE*. Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo. Set 2006. 15p. – Disponível em: <http://www.dee.ufma.br/~fsouza/anais/arquivos/11_53_331.pdf>. Acesso em 04/05/2010.

Silva, A; Rade, D. A. (2006). Estudo de ligações pregadas em madeira no sistema leve plataforma. In: 16º. Simpósio de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica – 16º. Posmec - Femec, 2006, Uberlândia-MG.

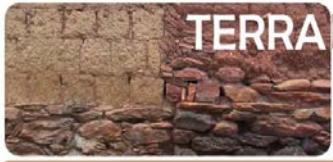
Taveira, E. S. N. (1987). *O Solo-Cimento no Campo e na Cidade*. 2º. ed. São Paulo: Ícone. 120 p.

Teixeira, A. H.; Godoy, N. S. (1996). Análise, projeto e execução de fundação rasas. *Fundações: Teoria e prática*, Hachich et al. (editores), Ed. Pini, São Paulo, Cap. 7, p. 227-264.

AUTORES

Márcia Helena Yamamoto Sato, graduada em Ciências pela Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras Camilo Castelo Branco (1988), graduada em Arquitetura e Urbanismo pelo Centro Universitário Nove de Julho (2006) e mestrado em Engenharia Civil pela Universidade de São Paulo (2011).

Reyolando Manoel Lopes Rebello da Fonseca Brasil, graduado em Engenharia Civil pela Universidade Mackenzie (1970), mestrado em Engenharia Civil pela Universidade de São Paulo (1984), doutorado em Engenharia Civil pela Universidade de São Paulo (1990), pós-doutorado no Department of Engineering Science and Mechanics do Virginia Polytechnic Institute and State University - EUA (1993/94) e livre-docência pela Universidade de São Paulo (1996). Professor Titular de Estruturas Aeroespaciais na UFABC e Professor Associado pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo



TERRA BRASIL

2012



IV Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil
07 a 10 de agosto de 2012 | Fortaleza -Ceará

ESTUDIO PRELIMINAR DE MUROS DE TAPIA APISONADA REFORZADOS CON MALLA DE CARRIZO ENTRELAZADO

Méndez, María Teresa¹; Cerón, Javier Oscar²; Camones, Luis Felipe² y otros

(1) Coordinadora, Centro de Estudios para Comunidades Saludables, Universidad Ricardo Palma, Av. Benavides 5440, Lima33, +511-997352174 mmendez@mail.urp.edu.pe

(2) Voluntario, Centro de Estudios para Comunidades Saludables, Universidad Ricardo Palma, Av. Benavides 5440, Lima33, +511-7080000 Anx. 8338, cecos@urp.edu.pe

Palabras clave: Tierra apisonada, refuerzos de caña, materiales constructivos no contaminantes.

Resumen

Perú posee un amplio patrimonio de edificaciones en tierra. Estudios muestran a la tierra como el material constructivo con menor consumo energético, retarda transmisión de temperatura, de fácil trabajo, natural, y económicamente al alcance de las poblaciones. Estas ventajas justificaron la necesidad de investigar sobre nuevas técnicas y procedimientos constructivos para su aplicación dentro del mundo moderno. Se analizó características y comportamiento estructural de la tierra apisonada y de diferentes tipos de caña, empleando una metodología experimental con ensayos "in situ". Los resultados establecieron ventajas y desventajas de cada uno de los sistemas analizados. Se optó por emplear caña carrizo (*Arundo donax*), planta que se encuentra en los bordes de ríos y riachuelos del país. Han sido analizadas cañas de ϕ 0,025 m con 2,10 m y 0,70 m de largo, apoyadas en los extremos, llegándose a una fuerza de ruptura de 99,37 kgf. Se ha definido la construcción de muros de tierra apisonada (tapia apisonada) con entramado de carrizo, como refuerzo externo. Se han realizado pruebas de impacto a un muro en T de tapia apisonada espesor 0,30 m, reforzado con cañas horizontales y verticales colocadas y amarradas cada 0,20 m. con altura máxima 2,40 m. Soportó 12 impactos con una fuerza acumulada de 12087,95 kgf sin deteriorarse. Las cañas verticales estuvieron empotradas desde el sobrecimiento. Pese a la alta vulnerabilidad sísmica de la construcción de muros de tierra apisonada, este sistema constructivo representa una alternativa viable de disminución del riesgo para estas construcciones y permite reducir el espesor del muro hasta 0,40 m incluido el revestimiento. La propuesta muestra la preocupación del Centro de Estudios para Comunidades Saludables de la Universidad Ricardo Palma, (Lima-Perú), por contar con edificaciones económicas y sostenibles de materiales naturales propios de la mayoría del territorio peruano.

1. ANTECEDENTES

El objetivo de la construcción es proveer un lugar para habitar, por lo que el acto de construir, que está relacionado con el hacer, debe ser entonces, una respuesta no sólo a las necesidades sino a las características físicas y culturales del contexto en que se realiza esta acción. Las edificaciones deben ser, por lo tanto, construidas en concordancia con las diferentes condiciones físicas, naturales y sociales: *debe haber una relación íntima entre el grupo humano y su hábitat.*

Por otro lado, se sabe que la acción más sustentable es habilitar y aprovechar lo que ya existe. Estos conceptos conducen a la necesidad de realizar estudios de materiales constructivos que sean reutilizables, que no constituyan peligro alguno y sin sobrecarga ambiental, aún después de su vida útil.

Esteves y Gelardi (2003) brindan lineamientos sobre arquitectura sustentable, que tienen como objetivo lograr edificios cuyo impacto sobre el medio ambiente sea mínimo o nulo, a fin de no comprometer los recursos para el futuro, algunos de los cuales se mencionan a continuación:

1. Adecuación del edificio al sitio y al clima del lugar
2. Diseño con menor impacto ambiental

3. Uso de materiales con menor impacto ambiental y en lo posible reciclables
4. Soluciones energéticamente eficientes: arquitectura bioclimática
5. Calidad del ambiente interior: confort térmico, lumínico y calidad del aire.
6. Uso de fuentes de energía renovables y uso racional de las no renovables.
7. Durabilidad y flexibilidad de los edificios
8. Minimización del impacto del edificio sobre su contexto inmediato exterior

Uno de los materiales constructivos considerado totalmente ecológico, es la tierra. Dentro de los sistemas de construcción en tierra, que utiliza materiales no contaminantes y que tiene como única fuente de energía el sol, se encuentra la tapia. Comparando la técnica del adobe con la de la tapia, se considera a esta última como la que trabaja mejor. Esto debido a que es una construcción monolítica y como consecuencia posee una mayor estabilidad (Doat et al, 1990). El comportamiento estructural de los muros de tierra ante los impactos horizontales de un sismo, que lo alcanzan perpendicularmente, muestran que la resistencia de estos muros a las cargas, sin que requieran de elementos de estabilización adicionales, está directamente relacionada a su espesor. Cuanto más ancho el muro de tierra mejor soportará los impactos perpendiculares a éste.

Perú conserva un patrimonio, tanto urbano como rural, de edificaciones construidas con distintas técnicas en tierra: adobe, tapia o quincha, siendo este último un entramado de cañas y/o madera recubierto con tierra. La tapia, es empleada generalmente en la construcción de cercos en las zonas rurales del país, no es usual su empleo en edificaciones. En la actualidad, en el Perú, tanto el adobe como la tapia no son empleados como material constructivo urbano, quedando solamente para las zonas rurales del interior del país, tanto por el área que ocupan este tipo de construcciones, como por el tiempo de ejecución empleado en construir muros de 60 cm a 100 cm de espesor.

Considerando la alta amenaza sísmica a la que están sometidas las edificaciones en el Perú y la alta vulnerabilidad ante estos eventos de las edificaciones de tierra (adobe y/o tapia), se hace necesario desarrollar 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 las características histórico culturales de estas edificaciones.

Maldonado et al (1997) consideran dos categorías de tapias:

“...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...” (figura 1).

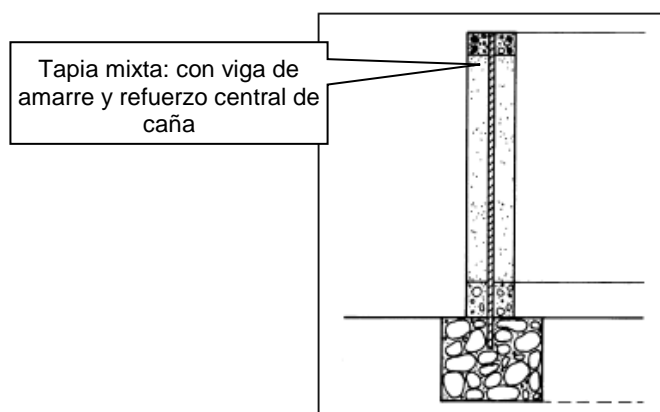


Figura 1. Otros sistemas de reforzamiento del tapial (Minke, 2001).

Méndez et al (2010) hacen mención a Minke (2001), quien en una de sus publicaciones parte de la consideración que:

“... una estructura debe tener por ejemplo una gran resistencia y una baja ductilidad o una resistencia baja y una ductilidad alta, frecuentemente se escoge una solución con estructura de resistencia mediana. Con ello, los movimientos sísmicos causaran solamente deformaciones plásticas moderadas y el requerimiento de ductilidad se mantiene relativamente bajo.

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”

La técnica constructiva de un muro de tapia es descrita por Minke (2001) como que ésta 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 estas 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. Otra ventaja es que su construcción es monolítica, brindando mayor estabilidad (Minke 2001),

A partir de las propiedades mecánicas y del comportamiento estructural de la tapia monolítica, se buscó encontrar una nueva alternativa de construcción con tapia, que permita la reducción de su espesor, sin alterar su comportamiento.

Como antecedentes existen estudios en los cuales se ha colocado refuerzos interiores al muro y en los cuales se ha encontrado un mejor comportamiento de éste, al reducirse su espesor, pero se tuvieron dificultades para el trabajo de apisonado uniforme.

Es así que se propone un sistema de **entramado externo a la tapia** que pueda soportar adecuadamente una fuerza sísmica horizontal y que esté conformado por materiales naturales y de fácil adquisición para los pobladores rurales.

Para definir el material más apropiado a los requerimientos del presente trabajo, se ha asumido el empleo de un material asequible a los pobladores, por lo que se tomaron en consideración diferentes tipos de cañas que crecen a orillas de riachuelos o cualquier otro lugar en que haya presencia de agua. Éstas se seleccionaron según su resistencia, facilidad de adquisición y sostenibilidad. Según estudios realizados en la Universidad Nacional Agraria de Lima, Perú, se encontró que el alto contenido de fibra longitudinal de la parte exterior de las cañas le da una alta resistencia y elasticidad, pudiendo reemplazar al acero ventajosamente, por su costo y bajo peso menores y porque su manipulación y uso es muy fácil. En ensayos de tracción se ha constatado que tiras de cañas pueden soportar encima de $1.000\text{kg}/\text{cm}^2$.

Las cañas desde épocas muy antiguas, han sido utilizadas en construcción. En América, ha alcanzado notables avances en Colombia, Ecuador y Costa Rica, principalmente. Estos países lo utilizan y aplican en políticas y programas de vivienda. En el Perú, la caña brava y carrizo se usaron desde la época precolombina y después durante el virreynato. En los últimos estudios del grupo arqueológico Caral (en Perú) también se ha encontrado vestigios del uso de cañas en los muros de sus construcciones, datadas entre 2.500 y 3.000 años a.C. En la época del virreinato, luego de sufrir las consecuencias de sismos severos, con pérdida de vidas humanas y edificaciones, los españoles construyeron viviendas y templos

con adobe en el primer piso y quincha en el segundo piso, que hasta ahora perduran. En la sierra se usa la caña sobre tijerales y correas de madera, como base para recibir la cobertura. En la costa, es un material muy usado en viviendas primarias, en láminas de estera o como quincha rústica en cerramientos o en techos provisionales. Es usado también en los cercos o cubiertas de áreas libres o en estructuras y elementos decorativos.

Con estos antecedentes y basados en el concepto de trabajabilidad de la tapia como bloque monolítico, el estudio plantea un sistema de refuerzo del muro con caña carrizo (*Arundo donax*), colocado en la parte exterior de ambas caras del muro.

2. PROPUESTA

El estudio ha empleado una metodología experimental basada en ensayos de laboratorio y complementada con pruebas in situ. El estudio de las características de los materiales a emplear, estuvo basado en análisis de muestras de diferentes tipos de cañas, mediante pruebas de resistencia a flexión, las que definieron a la caña carrizo como la idónea para su empleo en esta propuesta. Para definir las características del material a emplearse en muros de tapia apisonada se realizaron pruebas de laboratorio. Como en el Perú la construcción en tierra se realiza de manera espontánea empleando, en su mayoría, al adobe como material constructivo, no se cuenta con norma alguna referente a la construcción en tapia, por lo que el estudio está basado en el Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú Norma E.80 (Vivienda, 2010), para definir las características del material a emplear en la construcción del tapial.

Posteriormente con todas las especificaciones obtenidas y basados en el Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú Norma E.30 Cap.3 art. 8° se definió una prueba de impactos horizontales. Se construyó un espécimen en encuentro en T de tapia apisonada, reforzado con un entramado de caña carrizo.

2.1 Características de la caña carrizo

El carrizo (*Arundo donax*), es una planta gramínea que crece cerca del agua, con la raíz larga y rastrera, hojas planas que sirven como forraje y flores en panojas anchas (figura 2). Es una planta perenne (arbusto que posee las hojas vivas a lo largo de todo del año) con un rizoma rastrero con capacidad para crecer en la superficie buscando agua. Puede alcanzar los 4 metros de altura y 2 cm de diámetro. Es muy parecida a la caña común, pero más esbelta en todas las partes que la componen. Es una planta herbácea de aspecto frágil y desgarrado.



Figura 2. Caña carrizo (*Arundo donax*) (CECOS-BRIGURP, 2012)

El estudio parte de la consideración de las características físicas y de comportamiento estructural de las cañas encontradas en el Laboratorio de ensayo de materiales de la Facultad de ingeniería civil de la Universidad Nacional de Ingeniería de Lima, Perú:

Resistencia a la compresión varía entre 226 kgf/cm² a 748 kgf/cm²

Resistencia a la tracción varía entre 155 kgf/cm² a 860 kgf/cm²

Resistencia al corte entre 75 kgf/cm² a 146 kgf/cm²

Resistencia a la tracción por flexión entre 540 kgf/cm² a 750 kgf/cm²

A partir de estos valores se realizaron las pruebas de laboratorio a las cañas carrizo que nos permitieron definir las características del entramado externo.

2.2 Características del tapial

En cuanto a las características y propiedades de la tapia se ha encontrado que es semejante al adobe, respecto a la composición del material, tierra con algún aditivo para estabilizarlo (paja) o pequeñas piedras para darle mayor resistencia (tabla 1).

Tabla 1. Propiedades mecánicas de la tapia

Parámetro	Unidades	Tapia
Densidad	ton/m ³	1,92
Módulo de Elasticidad	kgf/cm ²	800*
Módulo de Rigiidez	kgf/cm ²	315
Resistencia a Compresión	kgf/cm ²	3,3
Resistencia a Cortante	kgf/cm ²	0,37
Resistencia a Flexión	kgf/cm ²	0,15

De entre las características positivas de la tapia, se pueden destacar:

- El muro de tapial transpira, como el adobe, es higroscópico (conserva humedad) y tiene capacidad de difusión.
- Posee buena capacidad para almacenar frío o calor.
- Es buen aislante.
- Posee una emisión radiactiva muy baja.
- Buen aislante térmico y acústico; un muro de 40cm atenúa el ruido en 56dB. (tabla 2).
- Gran resistencia térmica que le permite permanecer fresco durante el día y soltar calor acumulado durante la noche.

Tabla 2. Niveles de confort acústico según actividades

Operario en una fábrica	85 dB
Gente reunida conversando	65/70 dB
Tareas en oficinas generales	55/60 dB
Actividad en una sala de estar	50 dB
Actividad dormir	45 dB
Actividad de lectura (en concentración)	40 db

4. RESULTADOS

4.1 Estudio del comportamiento estructural del Arundo donax

Para definir el sistema de refuerzo estructural propuesto, basados en la Norma E.30 RNE (Vivienda, 2010) se sometió a pruebas de resistencia a la flexión, a varillas de caña carrizo (*Arundo donax*) de ϕ 0,025 m, con 2 apoyos y en diferentes longitudes (figura 3). Con estos datos se obtuvo el promedio de fuerza de ruptura bajo dos aspectos: 1 caña con dos apoyos (Tabla 3, figura 5 y 7) y 2 cañas en paralelo con dos apoyos (Tabla 4, figuras 4 y 6).

Se analizaron cañas a una luz libre de 2,40 m, equivalente a la altura del muro y a una luz libre de 0,70 m, considerando facilitar el proceso constructivo del apisonado para encofrados de esa altura.

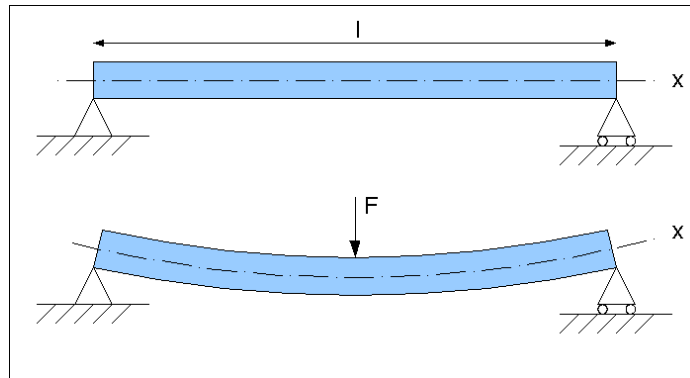


Figura 3. Esquema de flexión aplicada a la caña carrizo (*Arundo donax*) (Wikipedia, 2012)

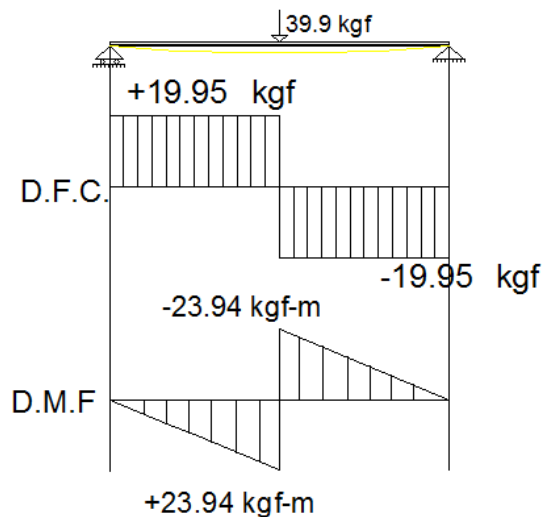


Figura 4. Diagrama de fuerza cortante y momento flector de 2 cañas de 2,4 m (CECOS-BRIGURP, 2012)

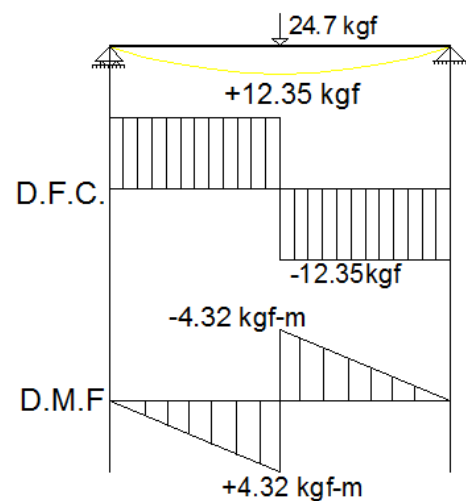


Figura 5. Diagrama de fuerza cortante y momento flector de 1 caña de 2,4 m (CECOS-BRIGURP, 2012)

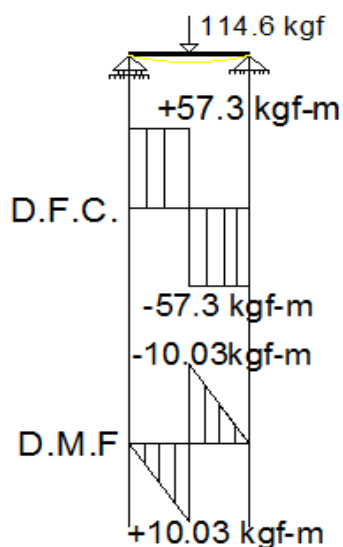


Figura 6. Diagrama de fuerza cortante y momento flector de 2 cañas de 0,70 m (CECOS-BRIGURP, 2012)

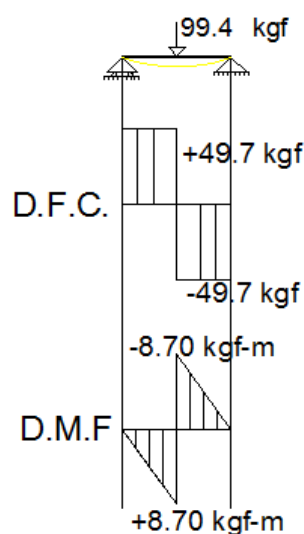


Figura 7. Diagrama de fuerza cortante y momento flector de 1 caña de 0,70 m (CECOS-BRIGURP, 2012)

Tabla 3. Fuerza de ruptura promedio para 1 caña con 2 apoyos.

Longitud (en m)	Fuerza de ruptura (kgf)
0,7	99,4
2,4	24,7

Tabla 4. Fuerza de ruptura promedio para 2 cañas con 2 apoyos

Longitud (en m)	Fuerza de ruptura (kgf)
0,7	114,6
2,4	39,9

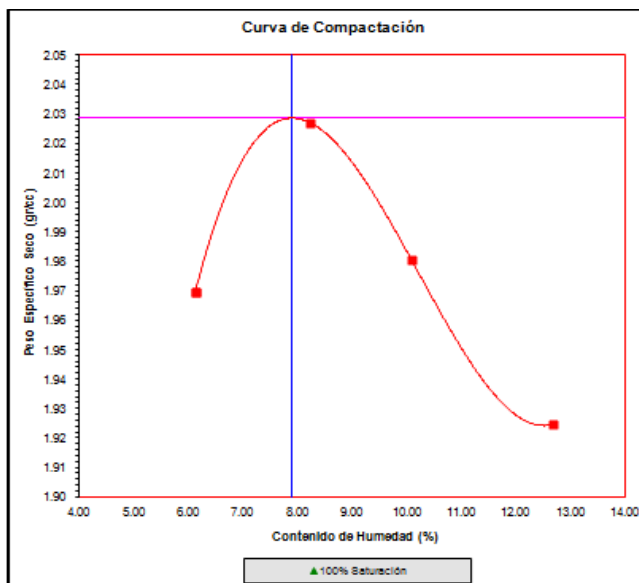
Los resultados de la fuerza de ruptura de la caña carrizo (*Arundo donax*) a diferentes dimensiones han permitido el diseño de la estructura como refuerzo del muro de tapia. Considerando a las cañas de ϕ 0,025 m, y para lograr el refuerzo idóneo sin aumentar en exceso el espesor del muro, se ha definido el empleo de 2 cañas en paralelo para el refuerzo vertical y de 1 caña a cada lado de este, como refuerzo horizontal.

4.2 Muro de tapia apisonada

Esta etapa se inició con el estudio de la composición del material a emplearse en la construcción de la tapia. Se realizaron ensayos de compactación Proctor modificado en laboratorio, para determinar la máxima densidad seca del suelo NTP 339.141 (ASTM D1557) y el contenido óptimo de humedad con que debe compactarse, según la NTP 339.127 (ASTM D2216)

Tabla 5. Ensayo de compactación Proctor modificado ASTM D1557

PESO ESP. RELATIVO DE SOLIDOS (S_s)		2.78	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO PRELIMINAR			
Tamiz	Peso Parcial Retenido (gr)	% Parcial Retenido (%)	% Acum. Retenido (%)
-	(mm)		
3/4"	19	138.25	4.44
3/8"	9.5	64.83	2.08
No 004	4.75	164.65	5.29
Platillo		2746.27	88.19
Total		3114.00	100.00
METODO DE COMPACTACION		modif-A	
CONTENIDO DE HUMEDAD (ω)			
1	No recipiente	119	120
2	W recipiente (gr)	14.84	16.77
3	W recipiente sw (gr)	187.81	163.35
4	W recipiente s (gr)	181.09	157.58
5	W _w : 3-4 (gr)	6.72	5.77
6	W _s : 4-2 (gr)	166.25	140.81
7	ω : 100*5/6 (%)	4.04	4.10
8	ω promedio (%)		4.07
D.C.H. PROBABLE		8.00	
INCREMENTO DE AGUA (ΔV_w y ΔV_w (1%))			
9	W _{sw} (gr)		3000.00
10	W _s : 100*9/(100+8) (gr)		2882.68
11	ω (%)		8.00
12	ΔV _w : (11- 8)*10/100 (cc)		113.29
13	ΔV _w (1%) : (1)*10/100 (cc)		28.83



OCH	(%)	7.90
γ_d max	(gr/cc)	2.03

No DE ENSAYO	1	2	3	4	5				
PESO ESPECIFICO (γ)									
14	No molde				4				
15	V molde (cc)				944.0000				
16	W molde (gr)				4022.00				
17	W molde sw (gr)	5995.00	6093.00	6080.00	6069.00				
18	W _{sw} : 17-16 (gr)	1973.00	2071.00	2058.00	2047.00				
19	γ : 18/15 (gr/cc)	2.09	2.19	2.18	2.17				
CONTENIDO DE HUMEDAD (ω)									
20	No recipiente	106	107	108	109	118	121	110	113
21	W recipiente (gr)	16.16	16.70	16.27	15.97	16.27	16.77	16.80	18.16
22	W recipiente sw (gr)	180.53	182.38	154.71	167.78	159.34	157.81	157.14	142.23
23	W recipiente s (gr)	170.98	172.90	144.11	156.31	146.12	145.00	141.26	128.36
24	W _w : 22-23 (gr)	9.55	9.48	10.60	11.47	13.22	12.81	15.88	13.87
25	W _s : 23-21 (gr)	154.82	156.20	127.84	140.34	129.85	128.23	124.46	110.20
26	ω : 100*24/25 (%)	6.17	6.07	8.29	8.17	10.18	9.99	12.76	12.59
27	ω promedio (%)		6.12		8.23		10.09		12.67

Este ensayo permitió determinar el óptimo contenido de humedad (OCH 7,9%) y la densidad seca máxima del suelo, para mejorar la capacidad de soporte de éste (2,03 g/cm³). Estos valores han servido como parámetros de referencia para la elaboración del espécimen en T.

La prueba del muro de tapia se basó en la Norma E.30 del RNE del Perú:

“Para estructuras regulares, el análisis podrá hacerse considerando que el total de la fuerza sísmica actúa independientemente en dos direcciones ortogonales. Para estructuras irregulares deberá suponerse que la acción sísmica ocurre en la dirección que resulte más desfavorable para el diseño de cada elemento o componente en estudio.

Se considera que la fuerza sísmica vertical actúa en los elementos simultáneamente con la fuerza sísmica horizontal y en el sentido más desfavorable para el análisis”.

Bajo estos conceptos se construyó un muro de tapia apisonada en encuentro T, asumiendo como la peor condición de comportamiento estructural ante la aplicación de una fuerza horizontal (figura 8). Esto con la finalidad de probar dos temas:

- La resistencia del entramado de cañas ante la fuerza que ejerce el muro de tapia al ser sometido a impactos de fuerzas horizontales.
- Comprobar el comportamiento del muro de tapia ante los mismos esfuerzos.

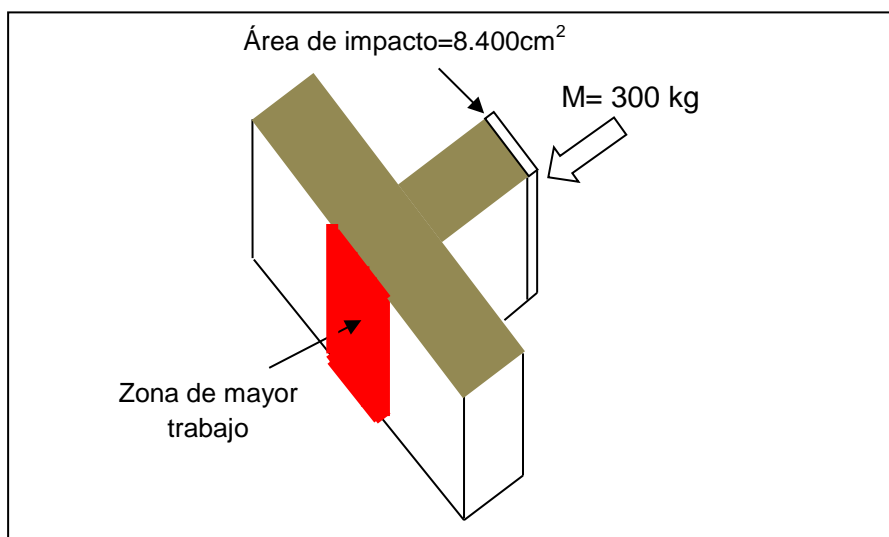


Figura 8. Esquema del comportamiento estructural de 2 muros en T (CECOS-BRIGURP 2012).

El muro en T de tapia apisonada tuvo 2,40 m de alto y 0,30 m de espesor, con un refuerzo externo de cañas carrizo colocadas horizontal y verticalmente cada 0,20 m de separación, y una altura igual a la del muro. Con la finalidad de lograr un mejor anclaje, las cañas verticales fueron fijadas desde el sobrecimiento. Las cañas horizontales y verticales se fijaron mediante amarres con fibra de junco (*junco bufonius*), en forma de "X" para mayor seguridad (figura 9).



Figura 9. Colocación de las cañas (*Arundo donax*) en el muro de tapia (CECOS-BRIGURP 2011)

Para la construcción del muro de tapia se siguieron indicaciones que se mencionan en estudios previos (Minke, 2001).

Luego se procedió a trabajar la tapia por etapas de 0,30 m de altura y apisonarla empleando un simple pisón de mano. Como acabado se colocó una capa de tarrajeo en barro mezclado con cal para evitar la humedad del ambiente.

La resistencia de la estructura de cañas fue comprobada mediante la prueba de impactos al muro en T, (figura 10) basada en la norma E.30 RNE (Vivienda 2010) con un elemento de 300 kgf sobre un área de 8.400 cm², los que fueron aplicados de manera sucesiva.



Figura 10. Muro de tapia apisonada en T previo a ser sometido a la prueba de impactos horizontales (CECOS-BRIGURP 2011)

El espécimen de tapia apisonada con refuerzo externo de cañas carrizo soportó 12 impactos, con un esfuerzo acumulado equivalente a 12087,95 kgf sin sufrir daño alguno, tanto el entramado de cañas de carrizo como el muro de tapia apisonado, a pesar de haberse reducido a la mitad del espesor usado generalmente por los pobladores rurales (Tabla 6).

Tabla 6. Prueba de esfuerzo del tapial, con masa de 300 kg, en área de 8.400 cm².

N° Golpe	Ángulo (grados sexag.)	Velocidad(m/s)	Fuerza (kgf)	Fuerza acumulada (kgf)
1	20	0,819983112	278,62	278,62
2	45	2,47959136	842,54	1121,16
3	48	2,653767957	901,72	2022,88
4	50	2,768158934	940,59	2963,47
5	55	3,048312935	1035,78	3999,25
6	55	3,048312935	1035,78	5035,03
7	58	3,212487542	1091,57	6126,60
8	60	3,320315552	1128,21	7254,81
9	60	3,320315552	1128,21	8383,02
10	63	3,479618232	1182,34	9565,36
11	65	3,584183451	1217,87	10783,23
12	70	3,83978816	1304,72	12087,95

Sin embargo, se observa que en el estudio sobre muros de adobe reforzados, Méndez et al (2010) muestran que el muro de adobe sometido a un esfuerzo similar se fractura al 9° impacto, soportando un esfuerzo de un poco más de 860 kgf (Tabla 7).

Tabla 7. Prueba de fuerza del muro de adobe reforzado con malla de junco (Méndez et al, 2010)

Impactos	Fuerza (kgf)	Descripción
1°	61,91	Sin daños
2°	132,75	Desprendimiento del tarrajeo
3°	132,75	Reacción del Muro A a la flexión
4°	861,56	Muro soporta fuerza de corte sometiendo a Muro A a flexión, trabajan las mallas
5°	861,56	
6°	861,56	
7°	861,56	Trabaja malla Muro A
8°	861,56	
9°	861,56	
10°	861,56	
11°	861,56	Fractura del Muro A y trabajo de la malla
12°	861,56	

Por último, el estudio ha comprobado que el comportamiento de la propuesta de reducción del ancho del muro de tapia apisonada, no afecte las condiciones de confort que se debe proporcionar a los ambientes arquitectónicos. A medida de comprobación se realizó un estudio muy genérico de flujo de calor según condiciones climáticas existentes en la costa del Perú.

a) Calculo del flujo del calor

$$Q = -K \times A \times \frac{\Delta T}{L}$$

Q = Flujo de calor en W

K = Conductividad térmica de los materiales

A = Área

ΔT = Diferencia de temperaturas

L = Espesor del Muro

b) Transferencia de calor

Coeficiente de tierra apisonada (Ka) = 1,3 W/mK

Grosor del muro (L) = 0,3 m

Se ha considerado el estudio para los meses de Febrero (30°C) como el más cálido y el de Agosto (14°) como el de menor temperatura, para lograr una temperatura interna entre 20°C y 22°C.

Flujo de calor mínimo con tierra apisonada = 81,90 W

Flujo de calor máximo con tierra apisonada = -95,55 W

Se encontró que para un muro de tapia de 0,30 m de espesor el tiempo promedio tanto para ganancia como pérdida de calor está entre 11 y 13 horas. Es decir que para un clima cálido gana lentamente calor durante el día, manteniéndose el ambiente fresco y cuando la temperatura exterior es fría su pérdida también es lenta, cumpliendo este espesor planteado con los requisitos de confort ambiental.

5. CONSIDERACIONES FINALES

Es el primer estudio que se realiza en la Universidad Ricardo Palma a través del Centro de Estudios para Comunidades Saludables (CECOS-BRIGURP), con la finalidad de encontrar mejoras en el comportamiento estructural de muros de tapial, reducir su espesor y poder ser empleados en arquitectura asistida.

Comparando los resultados de las tablas 6 y 7 se concluye que un muro de tapia apisonada presenta una mayor resistencia a impactos horizontales que un muro de adobe.

La propuesta se ha basado en el empleo de materiales al alcance de cualquier usuario, que no contaminan el ambiente, consumen poca energía, brindan confort climático y son fáciles de trabajar.

La tapia, como técnica constructiva, cuenta con antecedentes culturales en el interior del país, es empleada en la construcción de cercos y viviendas muy simples en las zonas rurales. Así también, esta técnica constructiva presenta buenas posibilidades formales.

Por las ventajas culturales, formales y de conservación del medio ambiente, puede ser considerada como una buena alternativa de técnica constructiva, para ser considerada en arquitectura moderna. En la actualidad, cadenas hoteleras internacionales en la ciudad de Urubamba, Cuzco, han empleado técnicas mixtas de tierra, madera y piedra.

Los resultados de los estudios de laboratorio deben considerarse como referencia debido a que en el trabajo de campo (zonas rurales) no se cuenta con los equipos adecuados que permitan verificar con exactitud la calidad de los materiales.

Los resultados nos permiten comprobar el comportamiento de los materiales para su aplicación en esta propuesta de nueva técnica constructiva.

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.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

American Society for Testing and Materials. ASTM International. *Norma ASTM D2216-05 Standard test methods for laboratory. Determination of water (moisture) content of soil and rock by mass.*

American Society for Testing and Materials. ASTM International. *Norma ASTM D1557- 09 Standard test methods for laboratory. Compaction characteristics of soil using modified effort.*

Doat, Hays, Houben, Matuk y Vitoux (1990) *Construir con tierra*, tomo 1, p. 19 y 20. CRAterre. Bogotá: Fondo Rotatorio Editorial. 221 pp.

Esteves A., Gelardi D. (2003) *Avances en energías renovables y medio ambiente*. Vol. 7, Nº 2, 2003. ISSN 0329-5184. Instituto de Estudios para el Medio Ambiente (IEMA) Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (DICYT) Universidad de Mendoza (UM) ASADES-Argentina p.10.31-10.34

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 650-2. (c) Consejo Superior de Investigaciones Científicas Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc) p. 27-37 <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: *Congreso TerraBrasil 2010*. ANAIS. Campo Grande: UFMG.

MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO DEL PERÚ. (2010) *Norma E.30 del Reglamento Nacional de Edificaciones*. Perú: autor.

MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO DEL PERÚ. (2010) *Norma E.80 del Reglamento Nacional de Edificaciones*. Perú: autor.

Minke, G. (2001) *Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra*. Alemania. Universidad de Kassel. 51 p.- pp. 14 - 21

AUTORES

María Teresa Méndez Landa, Magister y con estudios de doctorado en Educación por USMP, Arquitecta UNI. Docente Facultades de Arquitectura e Ingeniería - Universidad Ricardo Palma. Lima, Perú y Coordinadora del Centro de Estudios para Comunidades Saludables URP. Especialista en Gestión de Riesgos por Desastres. **Docente Asesora y Coordinadora del Proyecto.**

Javier Cerón Uribe, estudiante de Ingeniería Civil. Universidad Ricardo Palma. Miembro voluntario y Coordinador del Centro de Estudios para Comunidades Saludables CECOS-BRIGURP.

Felipe Camones Alegría, estudiante de Ingeniería Civil, Miembro voluntario del Centro de Estudios para Comunidades Saludables CECOS-BRIGURP.

Colaboradora

Angie Neige Arakaki Aragón, estudiante de Arquitectura, Miembro voluntario del Centro de Estudios para Comunidades Saludables CECOS-BRIGURP.



PROPOSTA DE CONTRIBUIÇÃO PARA ANÁLISE DO DESEMPENHO TÉCNICO-CONSTRUTIVO DAS PAREDES DE TAIPA DE PILÃO

Heise, André Falleiros ¹; Minto, Fernando C. N. ²; Hoffmann, Marcio V. ³

- (1) Arquiteto Mestre em Engenharia Civil pela FEC-UNICAMP - Sócio da TAIPAL construções em terra; andrefalleiros@gmail.com
- (2) Arquiteto Mestre em Arquitetura pela FAU-USP. fminto@hotmail.com
- (3) Arquiteto Mestre em Preservação e Restauração de Patrimônios Arquitetônicos pela FAUfba - Sócio da TAIPAL construções em terra: marcio@fatoarquitectura.com.br

Palavras-chave: taipa de pilão, desempenho, processo de produção.

RESUMO

O processo de produção das paredes de taipa de pilão tem características favoráveis às questões ambientais discutidas no setor da construção civil, e vem, cada vez mais, sendo adotado como solução construtiva em diversos projetos. Desenvolver esta tecnologia com base na redução do desperdício e no ganho da produtividade pode ser favorável para que o mercado da construção civil faça uso dessa tecnologia com bom desempenho. Contudo, o mercado da construção ainda carece de mecanismos para avaliar o desempenho das paredes de taipa, cujas variáveis são muitas. Esse artigo analisa, durante a etapa de preparação do traço, as interferências do tipo de processo de mistura – manual ou mecanizado - no desempenho da parede, considerando critérios que visam a melhoria contínua do processo. Em um estudo de caso, durante a execução da obra de um edifício comercial foram identificados os pontos críticos e feitas as medições e controles de cada etapa do processo de produção identificados na literatura. Então foi analisada a etapa de preparação do traço como célula de trabalho comparando o processo de mistura mecanizado com o manual. Foram abordados os aspectos de produtividade (nivelamento da produção) e os custos (mão de obra, tempo e equipamento), além de uma análise sobre a percepção dos usuários (construtor, mão de obra e usuário). As diferenças observadas mostraram-se relevantes para os agentes envolvidos. Sendo assim entendemos ser importante aprofundar os estudos sobre o processo de produção das paredes de taipa, para poder definir em projeto e aplicar na obra, especificações e procedimentos que possam garantir um mínimo estabelecido de desempenho das paredes.

1. INTRODUÇÃO

A partir da década de 70, com a necessidade de suprir o déficit habitacional brasileiro, 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, John, Picchi, Sato, 2000).

Hoje, a indústria da construção civil busca nas tecnologias, além da racionalização e da industrialização, soluções que visam o menor impacto ambiental e social. Sendo assim novos sistemas construtivos, materiais e componentes continuam surgindo como alternativas. Contudo é necessário saber como avaliar esses produtos oferecidos ao mercado da construção civil, para não ocorrer o mesmo problema do passado, quando o desenvolvimento foi insuficiente deixando os usuários com os custos das manutenções e das patologias que surgiram nas construções.

Outro reflexo com relação as experiências negativas do passado, é que hoje a indústria da construção civil se mostra mais exigente no emprego das inovações tecnológicas. Sendo assim os pesquisadores e empreendedores precisam investigar mais a fundo seus processos e produtos, para alcançar o máximo de desenvolvimento possível e atingir o melhor desempenho nos requisitos estabelecidos pelo setor da construção civil.

Gonçalves, John, Picchi e Sato (2000) definem a palavra “desempenho” como sendo o comportamento do produto em uso. Assim avaliar o desempenho de um produto implica definir qualitativa e/ou quantitativamente quais as condições que estão sendo satisfeitas por ele quando submetido às condições normais de uso e quais os métodos para avaliar se as condições estabelecidas foram atendidas.

Segundo Borges e Sabattini (2008), a abordagem de desempenho, conforme o próprio conceito define cobrar resultados e não as maneiras de como atingi-lo, e por esta razão, exige um maior comprometimento dos construtores na geração dos resultados desejados. Isto significa que além das normas prescritivas e de desempenho, um fator muito importante são os meios de controle para atingir os resultados desejados.

Algumas universidades no Brasil tem estudado a tecnologia de construção com taipa. Entretanto o foco principal destes estudos é sobre a análise e qualidade dos materiais. Além disso, muitos estudos sobre as construções de taipa estão voltados para a área recuperação de patrimônios históricos ou habitações de interesse social. Então, pouco se tem notícia de trabalhos que estudem a produtividade e o desempenho dessa técnica. Todavia é sabido que a construção com taipa caiu em desuso pelo aparecimento de outros sistemas construtivos que se mostraram mais eficientes.

Fica clara a necessidades de desenvolver estudos voltados ao processo de produção das paredes de taipa e como torná-lo eficiente no atual cenário da construção civil.

2. ASPECTOS DO PROCESSO DE PRODUÇÃO EM ANÁLISE

O processo de produção da taipa pode ser dividido em 4 etapas: preparação do traço; montagem das formas; compactação do solo, e desmontagem das formas.

É fato que a preparação correta do traço resulta em um painel mais resistente e durável. O traço depende do tipo de terra disponível na jazida escolhida e das condições colocadas como necessárias para que a parede de taipa atinja o desempenho estabelecido. Portanto é de suma importância definir as características e condições de uso das paredes, para, junto com a análise do tipo de solo, poder definir o traço.

As atividades que compreendem a preparação do traço são:

- a) Escolha da jazida: o local donde será retirada a terra para construção das paredes de taipa deve ser o mais próximo do canteiro de obras. Deve-se retirar uma amostra do solo e fazer uma análise físico-química para conhecer as características do solo disponível. O solo deve estar limpo de matéria orgânica.
- b) Determinação da dosagem ou traço: necessário saber as características físico-químicas da terra disponível e as especificações técnicas da parede - determinadas em projeto - que se pretende construir. Assim é possível definir as quantidades de aglomerantes necessários, a umidade ótima e o nível de compactação para atingir a estabilidade desejada.
- c) Mistura dos materiais: pode ser feito manualmente ou com auxílio de equipamentos mecânicos. Deve ser feita de modo a deixar a terra homogênea. A homogeneidade da mistura é um requisito que reflete no desempenho da parede de taipa. Durante a execução da mistura é necessário controlar o teor de umidade para compactar o solo.
- d) Transporte da mistura: pode ser feito manualmente ou com auxílio de equipamentos mecânicos. Normalmente o transporte é feito com baldes e carriolas, mas já observamos em algumas obras a utilização de esteiras rolantes e também a utilização de máquinas tipo pá carregadeira. A determinação do tipo de transporte é de responsabilidade da empresa construtora, a fim de obter a produtividade e a qualidade dos trabalhos necessária.

Sabido que o desempenho das paredes de taipa tem relação direta com seu processo de produção, percebeu-se a necessidade de detalhar essa influência, identificando os fatores do processo de produção que refletem diretamente no desempenho. Dentre as possíveis relações entre o processo de produção e o desempenho, este trabalho analisa as interferências da diferença entre a mistura mecanizada e a manual na etapa de preparação do traço.

3. MÉTODO

O método adotado consiste no estudo de caso da obra de uma edificação comercial com função administrativa, localizado em área rural no sul do Estado de São Paulo, região de clima temperado úmido, onde foram projetados e construídos 140 m² de paredes de taipa de pilão com espessura de 45 cm e altura de 2,70 m. O volume de terra utilizado foi de 100 m³. O mapa do canteiro com a planta das paredes de taipa é esquematicamente apresentada na figura 1.

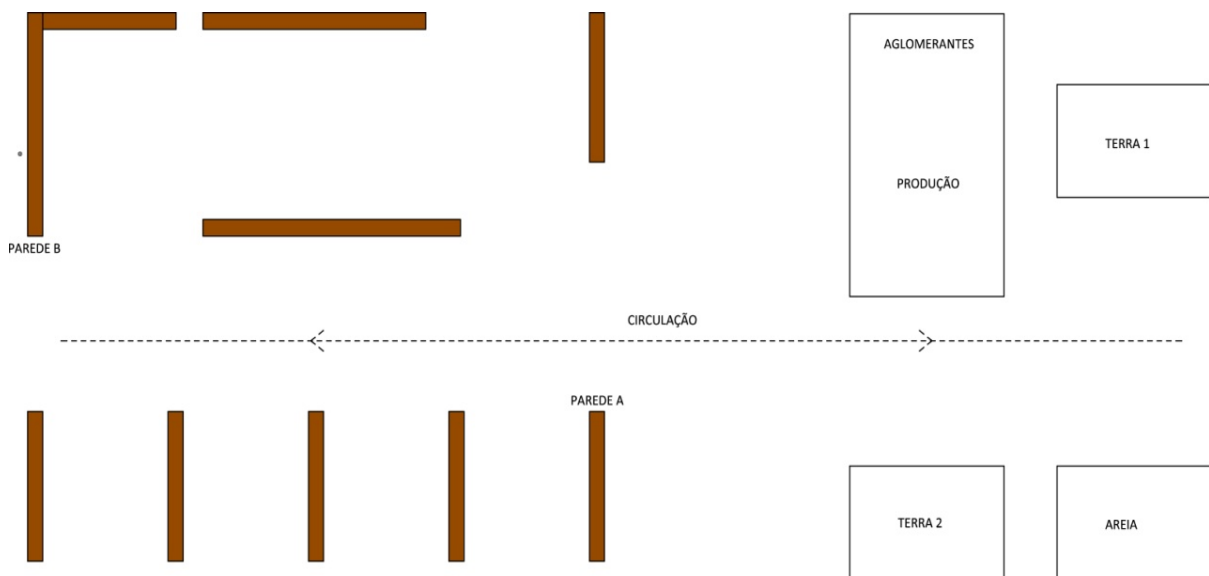


Figura 1. Mapa do canteiro de obras e planta das paredes.

Para a análise foram escolhidas duas paredes, denominadas neste artigo de parede “A” e parede “B”, executadas com diferentes processos de produção, conforme mostradas nas figuras 1 e 2, e dados indicados na tabela 1.



Figura 1. Parede “A”



Figura 2. Parede “B”

A principal diferença entre os processos de produção, ressaltada em cor cinza na tabela 1, foi na atividade de preparação do traço: a parede “A” foi mecanizada e a parede “B” foi manual. O solo e o traço são os mesmos, assim como o procedimento de compactação (compactador pneumático), o sistema de fôrmas e a equipe de operários.

Tabela 1. Análise comparativa de diferentes processos de produção

ETAPAS DO PROCESSO	PAREDE "A"	PAREDE "B"
Preparação da terra		
localização da jazida	solo 1	solo 1
determinação do traço	9:4:1:1	9:4:1:1
preparação do traço	mistura mecanizada	mistura manual
transporte do solo	carriola e balde	carriola e balde
Montagem da fôrma		
estrutura	metálica	metálica
moldes	chapa de madeira plastificada	chapa de madeira plastificada
desmoldante	óleo diesel	óleo diesel
Compactação		
pré-compactação	manual	manual
compactação final	compactador pneumático	compactador pneumático
Desforma		
desmontagem das fôrmas	mesmo dia	após 2 dias
proteção das superfícies	lona plástica preta	lona plástica preta

A tabela 2 mostra quantitativamente uma análise comparativa da produtividade, do custo e do benefício na atividade de preparação do traço das duas paredes estudadas.

Tabela 2. Análise da atividade de preparação do traço das paredes “A” e “B”

ATIVIDADE	PAREDE "A"	PAREDE "B"
Preparação do Traço		
processo	mecanizado	manual
produtividade	0,18 m ³ h/h	0,12 m ³ h/h
custo	36 R\$ / m ³	79 R\$ / m ³
benefício	acabamento	consumo de energia

Para o cálculo do custo foi considerado o valor por hora da mão de obra e o valor por hora do uso dos equipamentos.

A parede “A” foi mais econômica do que a parede “B”. O benefício da parede “A” está no resultado final da parede e o benefício do processo da parede “B” está na utilização de menor quantidade de energia, porém este foi minimizado pela insatisfação do usuário relativa ao desconforto visual no resultado final. É possível verificar que a produtividade da parede “A” foi superior quantitativamente e qualitativamente em relação a parede “B”.

Ainda é possível notar na tabela 3, através da análise do nivelamento da produção, que o processo de produção da parede “A” foi mais eficiente, com menos desperdício em intervalo de atividade do que o processo da parede “B”. Assim, o processo de produção da parede “A” mostrou-se ser mais produtivo que o processo da parede “B”.

Tabela 3. Análise do nivelamento da produção

Parede "A"		tempo					
atividades	1	2	3	4	5	6	
carregar o misturador	█	█	█	█	█	█	
misturar o traço misturador	█	█	█	█	█	█	
transportar até a forma	█	█	█	█	█	█	
compactar o solo	█	█	█	█	█	█	
Parede "B"		tempo					
atividades	1	2	3	4	5	6	
carregar a masseira	█	█	█	█	█	█	
misturar o traço manual	█	█	█	█	█	█	
transportar até a forma	█	█	█	█	█	█	
compactar o solo	█	█	█	█	█	█	

Além dos aspectos da produtividade, também foi feita uma análise de caráter exploratória sobre a percepção dos usuários com a tecnologia, desde o construtor, a mão de obra e o usuário, como mostra a tabela 4.

Tabela 4. Análise da percepção de valor para os agentes envolvidos no processo.

Agentes	percepção		requisito
	parede "A"	parede "B"	
Construtor (interno)	boa	ruim	produtividade
Mão de obra (interno)	boa	ruim	construtibilidade
Usuário (externo)	boa	ruim	acabamento

No requisito produtividade para o construtor a parede "A" foi mais eficiente por ter sido executada mais rapidamente. no requisito construtibilidade para a mão de obra a parede "A" foi mais eficiente, pois o uso de equipamento mecanizado minimiza o esforço físico, sendo assim este ficou satisfeito; no requisito acabamento para o usuário a parede "A" foi mais eficiente, a uniformidade e homogeneidade do acabamento da parede deixou o usuário mais satisfeito.

É notável que a mecanização do processo melhore os aspectos da velocidade da produção, do esforço de trabalho e da qualidade do acabamento, deixando assim todos os agentes envolvidos, no processo de produção, satisfeitos.

4. DISCUSSÕES

Identificando no processo de produção as atividades que refletem diretamente no desempenho da parede é possível avaliar corretamente o resultado e melhorar a qualidade da construção de taipa de pilão.

As patologias identificadas em edifícios tem origem primeiramente no projeto, depois na execução das obras e finalmente nos materiais e manutenção. Assim especificar bem as características em projeto, bem como conhecer e controlar seu processo de produção pode colaborar para o bom desempenho das paredes de taipa.

No intuito de contribuir para futuras análises das construções em taipa, foi feita uma análise considerando os aspectos visual, de durabilidade e econômico.

No requisito visual é possível notar as maiores diferenças, no aspecto da textura da parede, onde a parede "A" é mais uniforme e a parede "B" é mais pigmentada. Na coloração a parede "A" é mais uniforme e a parede "B" é mais variada. Na superfície a parede "A" tem maior lisura e na parede "B" surgiram algumas bicheiras.

Na superfície das paredes também tem reflexo na análise tátil, onde a parede "A" apresenta superfície lisa e a parede "B" a superfície é mais áspera.

Com relação à durabilidade das paredes, pode-se esperar que a parede "A" sofra menos com a agressão de agentes externos por apresentar superfície menos porosa.

No aspecto econômico, a manutenção da parede "B" requer, provavelmente, maior consumo do produto consolidante que é aplicado na superfície, por esta ser mais porosa.

A experiência prática no canteiro de obras mostrou claramente as diferenças entre o trabalho com processo manual e mecanizado. Não havia a expectativa de que as diferenças seriam tão marcantes e ao final da obra foi possível discutir essas diferenças entre o usuário e a mão de obra.

O processo de produção mecanizado se mostrou mais eficiente, mas ainda sim é possível executar uma obra sem o emprego de equipamentos mecanizados. A discussão que se pretende com este trabalho é de identificar um método ou mecanismo para se avaliar o desempenho das paredes de taipa de pilão. Assim, tanto no processo mecanizado quanto manual, os agentes envolvidos podem ter ferramentas para especificar e estabelecer quais os critérios e as características que as paredes devem atingir.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Borges, C. A. M.; Sabbatini, F. H. (2008). *O conceito de desempenho de edificações e a sua importância para o setor da construção civil no Brasil*. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de engenharia da construção civil. São Paulo.

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 Habitare, vol. 3. Normalização e Certificação na Construção Habitacional.

Simões, J. R. L. (2004). *Patologias: origem e reflexos no desempenho técnico-construtivo do edifício*. Tese (livre docência em arquitetura). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo - FAU-USP, São Paulo.

Sistema Nacional de Avaliação Técnica. SINAT.

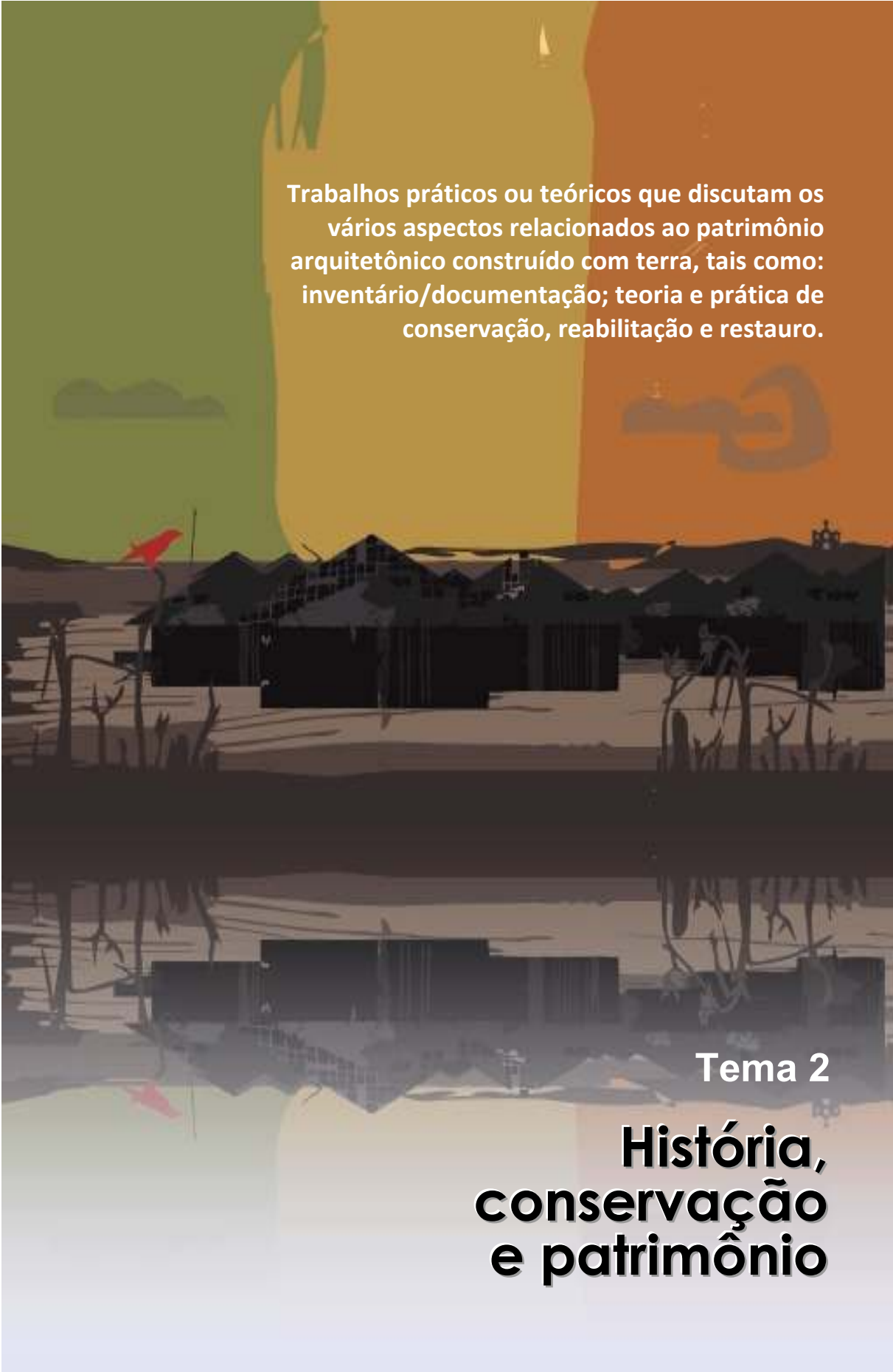
Heise, A. F. (2004). *Desenho do processo e qualidade na produção do painel monolítico de solo-cimento em taipa de pilão*. Dissertação (Mestrado). Campinas: Universidade Estadual de Campinas.

AUTORES

André Falleiros Heise, arquiteto, mestre em Engenharia Civil pela Unicamp, membro da Rede Iberoamericana PROTERRA e da Rede TerraBrasil, associado do ABC Terra, proprietário da HEISE arquitetura e sócio da TAIPAL construções em terra.

Fernando Cesar Negrini Minto, arquiteto, mestre em Arquitetura e Urbanismo pela FAUUSP, membro da Rede Iberoamericana PROTERRA e da Rede TerraBrasil, associado da ABCterra, Professor de projeto da Faculdade São Judas.

Marcio V. Hoffmann, arquiteto e urbanista, mestre em Preservação e Restauração de Patrimônios Históricos pela FAUFBA, membro da Rede Iberoamericana PROTERRA e da Rede TerraBrasil, proprietário da FATO arquitetura e sócio da TAIPAL construções em terra.



Trabalhos práticos ou teóricos que discutam os vários aspectos relacionados ao patrimônio arquitetônico construído com terra, tais como: inventário/documentação; teoria e prática de conservação, reabilitação e restauro.

Tema 2

História, conservação e patrimônio



A IMPORTÂNCIA DA TAIPA DE MÃO NA HISTÓRIA E NA CULTURA DO BRASIL

Lopes, Wilza Gomes Reis¹; Matos, Karenina Cardoso²; Carvalho, Thais Márjore Pereira de³

(1) Professora - Departamento de Construção Civil e Arquitetura, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Piauí – UFPI. Rua Major Manoel Lopes, 1714, Morada do Sol, Teresina, Piauí. Telefone: (86)3233 1274, izalopes@uol.com.br

(2) Professora - Dep. de Construção Civil e Arquitetura, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Piauí – UFPI; kareninamatos@hotmail.com

(3) Arquiteta, formada pela Universidade Federal do Piauí – UFPI. Email: thaismarjore.pc@gmail.com

Palavras-chave: arquitetura de terra, patrimônio cultural, história, preservação, memória

Resumo

A arquitetura de terra, devido a sua versatilidade, é encontrada em todas as partes do mundo, por meio de diferentes técnicas. Em cada local, é adaptada ao clima, aos condicionantes físicos existentes e aos materiais encontrados, satisfazendo às necessidades de bem estar do homem. Os colonizadores portugueses introduziram no Brasil, as técnicas de construção com terra, sendo as mais utilizadas, a taipa de pilão, o adobe e a taipa de mão ou pau-a-pique, tendo sido usada em várias partes do Brasil, na construção de muitas cidades. A taipa de mão ou pau-a-pique é uma variedade de construção com terra, que consiste numa armação de madeira ou bambu, formada por ripas horizontais e verticais, preenchida com uma mistura de terra e água. Após a secagem da primeira camada de barro, é aplicado o reboco e posteriormente a pintura. Trata-se de uma técnica de fácil assimilação e de simples execução, ecologicamente equilibrada, podendo ser adotada facilmente, por mão de obra não qualificada. É usada principalmente como vedação a partir de uma estrutura independente. Diversos materiais podem ser empregados na execução da estrutura e da malha interna, dependendo da disponibilidade local. A taipa de mão foi muito utilizada em várias partes do Brasil, associadas, ou não, ao adobe e a taipa de pilão, integrante da história de cada região. Ainda hoje é usada em alguns locais do país, principalmente no nordeste, fazendo parte do conhecimento e da cultura local. Neste trabalho é apresentada discussão sobre o patrimônio cultural da arquitetura de terra, com ênfase na taipa de mão, enfocando a importância de sua presença no Brasil.

1. INTRODUÇÃO

A arquitetura de terra, devido a sua versatilidade, é encontrada em todas as partes do mundo, por meio de diferentes técnicas. Em cada local, é adaptada ao clima, aos condicionantes físicos existentes e aos materiais encontrados, satisfazendo às necessidades de bem estar do homem. Segundo Houben e Guillaud (1994), a terra é sem dúvida um dos materiais de construção mais usados no mundo, desde o momento em que o homem aprendeu a construir casas e cidades, sendo difícil encontrar um país que não possua herança de edifícios em terra. As técnicas de construção com terra foram utilizadas para edificar cidades inteiras, palácios e templos, igrejas e mesquitas, armazéns e castelos, praças fortificadas e soberbos monumentos.

O emprego da terra para a construção de edificações é uma tradição milenar, presente nas técnicas construtivas das mais diversas sociedades. Minke (2001) afirma que na Turquia, na Assíria e em outros lugares do Oriente Médio foram encontradas construções com terra apilada ou moldada, datando de entre 9000 e 5000 a.C.

Dethier (1982, p. 33) afirma que, com a terra

os construtores conseguiram edificar, em todo o mundo, arquiteturas de uma extraordinária diversidade de formas, elaborar uma estupenda diversidade de linguagens arquiteturais, exprimindo com eloquência as originalidades culturais dos usuários. Assim a sabedoria local se transforma

em verdadeira sabedoria da terra. Ela se adapta em múltiplas variações, às condições peculiares do meio social e econômico, geográfico e climático.

A importância da arquitetura construída com terra é percebida por diferentes aspectos, seja pelo ponto de vista histórico e antropológico, ou ainda, pela sua larga utilização como material básico em regiões onde há escassez de recursos naturais (Ramos, Gámez, Cossío, 2002).

Neste trabalho é apresentada discussão sobre o patrimônio cultural da arquitetura de terra, com ênfase na taipa de mão, enfocando a importância de sua presença no Brasil.

2 PATRIMÔNIO CULTURAL DA ARQUITETURA DE TERRA

Segundo Dethier (1986), a terra se caracteriza como um dos principais materiais de construção, conhecido há aproximadamente dez mil anos, com vestígios arqueológicos, em todo mundo que comprovam a existência de várias cidades da antiguidade construídas com terra, dentre as quais Jericó, na Palestina, talvez a mais antiga, Çatal Hoyuk, na Turquia, Akhet-Aton, no Egito, Chan Chan, no Peru e Babilônia no Iraque. O autor destaca ainda que, hoje, mais de um terço da população mundial vive em habitações construídas com terra.

Nas Américas, a construção em terra, já era difundida desde épocas antigas, principalmente no México, Peru e sudoeste dos Estados Unidos, devido ao clima quente e seco, mais propício a este tipo de construção. As civilizações inca e asteca já faziam uso da terra como material de construção, antes da chegada dos colonizadores. Viñuales (1993, p.148), cita, exemplos do uso da taipa de pilão em lugares arqueológicos, tão longínquos como Cacxtla no México e Racchi no Peru.

Viñuales (1993, p. 149), referindo-se às técnicas de terra nas Américas, destaca que, na América Central usou-se muito as tramas de pau-a-pique e *quincha*. Já nas zonas andinas da Venezuela e da Colômbia, predomina a taipa de pilão, enquanto que nas, do Peru e da Bolívia, encontra-se mais o adobe, e no Equador ambas as técnicas, são utilizadas. Sobre durabilidade, a autora constata ser a *quincha* a técnica mais apropriada para o caso de terremotos. E afirma também, ser comum o uso de várias técnicas numa mesma construção. Em Lima, por exemplo, em muitos edifícios, as paredes do pavimento térreo são construídas em adobe ou taipa de pilão, enquanto que, na parte superior se utiliza a *quincha*, material bem mais leve.

Flores (1994) faz referência aos restos de uma construção executada com o sistema bahareque, que foi coberta por cinzas vulcânicas no ano de 600 DC, em Joya de Cerén, El Salvador, na América Central, que apresentava uma excelente qualidade construtiva. O autor cita ainda que em alguns países da América Latina tem se desenvolvido estudos no sentido de melhorar as técnicas tradicionais. No Equador, o uso do bambu é muito difundido, e o país conta, atualmente, com fábricas de alta produção de fibras para satisfazer a procura local deste material, para fins de construção. Na Colômbia tem-se utilizado paredes pré-fabricadas, com o uso de bambu para o entramado.

A cultura, na visão de Goulart e Santos (1998, p.20), “nada mais é do que o próprio social, representado pela totalidade das relações que os grupos mantêm entre si, no interior da própria cultura, e com outras culturas. É o resultado da invenção social, sendo aprendida e transmitida por meio da aprendizagem e da comunicação”.

O patrimônio cultural, para Machado e Dias (2009, p. 2), “compreende os elementos significativos da memória social de um povo ou de uma nação que englobam os elementos do meio ambiente, o saber do homem no decorrer da história e os bens culturais enquanto produtos concretos do homem, resultantes da sua capacidade de sobrevivência ao meio ambiente”.

Segundo Pelegrini, (2006, p. 117), o patrimônio está relacionado às “maneiras de o ser humano existir, pensar e se expressar, bem como as manifestações simbólicas dos seus saberes, práticas artísticas e cerimoniais, sistemas de valores e tradições”.

No artigo 216, seção II- da Cultura, da Constituição Brasileira de 1988 está conceituado patrimônio cultural:

Art. 216. Constituem patrimônio cultural brasileiro os bens de natureza material e imaterial, tomados individualmente ou em conjunto, portadores de referência à identidade, à ação, à memória dos diferentes grupos formadores da sociedade brasileira, nos quais se incluem: I - as formas de expressão; II - os modos de criar, fazer e viver; III - as criações científicas, artísticas e tecnológicas; IV - as obras, objetos, documentos, edificações e demais espaços destinados às manifestações artístico-culturais; V - os conjuntos urbanos e sítios de valor histórico, paisagístico, artístico, arqueológico, paleontológico, ecológico e científico (BRASIL, 1988).

Os valores culturais não nascem com o indivíduo e nem são produtos da natureza, sendo decorrente da ação social. Segundo Meneses (1996, p. 92), “As seleções e opções feitas pelos indivíduos e grupos, para serem socializadas e se transformarem em padrões, necessitam de mecanismos de identificação, enculturação, aceitação”.

Em relação à preservação, Mascarenhas, Godoy e Rojas (2010, p. 75) colocam a necessidade de “compreender o patrimônio como elemento que marca a identidade de um povo”. Não se trata de apenas do conhecimento do elemento físico, mas também dos acontecimentos de diversas épocas ligadas ao local.

Dethier (1982, p. 14) ressalta a importância do “saber fazer local”, destacando que por meio da arquitetura de terra seria possível “facilitar a reinserção vital da arquitetura em diversas tradições cultural e populares próprias às comunidades e reconciliar-nos, finalmente com o sentido e uso da sabedoria local, criando ao mesmo tempo um laço de continuidade entre a história, a atualidade e o futuro”.

As construções vernaculares fazem parte do patrimônio cultural de uma região, tendo segundo Silveira (2010, p. 3), atraído atenção de pesquisadores, “por revelarem uma expressão dos anseios, dos gostos e da perícia artesanal da população que se envolve diretamente com esta arquitetura”.

Pires (2010, p. 273) afirma que, “uma das premissas fundamentais à evolução de um determinado modo de construir é, sem dúvida alguma, o entendimento profundo e rigoroso do seu contexto específico”. Isto é o que acontece nas construções ditas populares, em que se observa os aspectos locais

Weimer (2005, p. XLIII), ao discorrer sobre arquitetura popular brasileira, afirma que ela “é o resultado de uma evolução multissecular e de profundo respeito às tradições culturais do grupo”. O autor refere-se, ainda, que uma das características dessa arquitetura é a simplicidade, por utilizar materiais fornecidos pelo meio ambiente.

Segundo Del Brenna (1982, p. 196), a terra adotada desde o início da colonização, em todo o território brasileiro, “permaneceu e se desenvolveu quando e onde sua utilização foi confirmada pela experiência do solo e do clima, resultando numa série de soluções de grande singeleza, funcionalidade e perfeita adaptação ao meio”.

As técnicas de construção com terra, principalmente o adobe e a taipa de mão, foram muito utilizadas na arquitetura popular. A casa de taipa de mão, para o arquiteto Cydno Silveira, “é um produto cultural, síntese de histórias e conhecimentos acumulados, resultado da reação necessária e suficiente do homem às hostilidades do meio em que vive e do material que tem a sua disposição” (Silveira, 20--).

A preservação dos aspectos culturais de um povo, relacionados a sua história, patrimônio construído, aos seus costumes, comida, música, dança, lendas, folclore, linguagem, artesanato torna-se importante, como meio de garantir a sua própria identidade. Neste sentido, a arquitetura de terra refere-se ao conhecimento que está inserido na cultura popular, fazendo parte de nossa história, devendo seu valor ser reconhecido, preservado e repassado para o conhecimento das futuras gerações.

3 A TAIPA DE MÃO: CARACTERÍSTICAS E MATERIAIS

Utilizada em vários locais do mundo e sob diversas formas, a arquitetura de terra chegou ao Brasil trazida pelos primeiros colonizadores portugueses, destacando-se, como técnicas construtivas mais utilizadas, o adobe, a taipa de pilão e taipa de mão ou pau-a-pique. De acordo com Milanez (1958), os nativos locais não usavam a terra para construir, desconhecendo tais técnicas, antes da chegada dos portugueses. Seus abrigos eram de madeira, paus roliços e vedações de palha e folhagens. Além dos portugueses, os africanos trazidos como escravos tinham conhecimento do uso da terra para construções. Tais métodos foram bastante difundidos e estão presentes em muitos estados do país.

Dentre as técnicas construtivas de terra, destaca-se a taipa de mão que foi bastante usada no Brasil, encontrando-se exemplares em todo país. Conhecida também por taipa de sopapo ou pau-a-pique, a taipa de mão é um sistema construtivo artesanal, fundamentado no emprego combinado de dois materiais abundantes na natureza: a madeira e a terra. Na definição de Vasconcellos (1979, p. 45), consiste, em paus colocados, perpendicularmente, entre os baldrames e os frechais, nele fixados por meio de furos ou pregos. Perpendiculares a estes são colocados outros mais finos, ripas ou varas, tanto de um lado como de outro, amarrados por meio de tiras de couro, prego ou arame, de cipó, barbante de sisal, tucum, imbé, buriti e outros gêneros próprios para cordas.

De acordo com Di Marco (1984), a trama ou armação é preenchida com uma mistura de terra, água e fibras. Tal mistura é lançada com as mãos nos dois lados, ao mesmo tempo, e apertada sobre a trama de madeira, trabalho que se faz apenas com as mãos, o que segundo Muniz (1997), deu origem ao seu nome.

Após a secagem do barro, é aplicado o reboco e, posteriormente, a pintura. Segundo Mello (1985, p. 256), ao secar, a parede tem boa resistência e peso relativo, pois funciona como vedação, ficando as cargas concentradas na estrutura autônoma de madeira.

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.

E ainda, de acordo com Alvarenga, (1984, p. 31), uma das principais vantagens da taipa de mão é o tempo rápido para sua execução. A rapidez na construção é ressaltada por Lopes (1998), ao apresentar uma edificação de taipa de mão, de 47,00 m², com a função de casa de hóspedes, construída em um sítio no município de Teresópolis-RJ, pelo arquiteto Cydno da Silveira. Tal edificação foi planejada e executada, adequadamente, com material local, tendo sido concluída em apenas três meses, desde a retirada da madeira de eucalipto, do próprio terreno, até o total acabamento.

Destaca-se, ainda, a leveza e a capacidade de adaptar-se às topografias acidentadas, como qualidades apontadas por Souza (1996) e, também, sua versatilidade ao se adaptar facilmente às condições locais, com a utilização de materiais encontrados na natureza, aproveitando-se aquilo que se tem às mãos (Lopes e Ino, 2001).

O caboclo do sertão constrói sua casa com o bambu ou com os paus roliços, tirados da mata mais próxima. Várias espécies de madeira são adequadas, devendo ser usadas

aquelas normalmente encontradas na região. As espécies de reflorestamento apresentam-se como excelente opção, na medida em que as áreas dedicadas a este fim encontram-se, atualmente, em constante expansão, o que facilita o uso da madeira como material renovável. Para fixação dos elementos da malha, utilizam-se cipó, sisal, tiras de couro, prego ou arame, dependendo da maior disponibilidade na região.

A taipa de mão, na visão de Silveira e Gama (1982),

é um processo construtivo dos mais antigos de nossa cultura, que vem sendo conservado pela tradição oral e é do conhecimento de quase toda família de baixa renda, ou seja, mais da metade da população brasileira. Mas, completamente desconhecida nas camadas abastadas e nos meios universitários. A técnica surgiu da realidade do homem desamparado, que na sua miséria, teve que construir o próprio abrigo para resolver seu problema de moradia, usando o seu conhecimento e suas mãos como ferramenta.

Na construção em taipa de mão, o processo básico comumente empregado consiste em levantar toda a estrutura das paredes, colocar o madeiramento do telhado e a cobertura, para então, se proceder ao enchimento dos vãos, sob proteção da chuva e do sol.

As paredes de taipa de mão, geralmente, estão inseridas numa estrutura autônoma, em que vários materiais podem ser usados na sua execução. Lopes (1998) constatou o uso de pilares de bambu, de carnaúba, de alvenaria de tijolo cerâmico, de madeira serrada ou roliça, que depende do tipo encontrado em cada local e de estrutura metálica, além do uso de painéis autoportantes. Para o entramado interno, foram identificados materiais como o arame, madeira serrada ou roliça, tela de galinheiro, talos de palmeira e bambu.

Na preparação da mistura de terra para o enchimento utiliza-se, em algumas regiões, apenas a terra com água, amassada com os pés, até completa homogeneização, enquanto que em outras, são colocados, também, alguns materiais, como fibras vegetais, capim, palha, esterco de gado, cal ou cimento, entre outros, que funcionam como estabilizantes da terra, o que contribui para diminuir a retração.

4 TAIPA DE MÃO NO BRASIL

É inegável a presença de construções com terra em vários estados do Brasil. Ao se falar disso, logo vem à mente imagens de nossas cidades coloniais, como por exemplo, Ouro Preto, em Minas Gerais, em que na maioria das edificações foram utilizadas diversas técnicas construtivas de terra (Figura 1).



Figura 1. Vista geral da cidade de Ouro Preto, MG, que apresenta construções executadas com diversas técnicas de arquitetura de terra (Wilza Lopes, 2008)

O uso da taipa de mão foi muito comum na execução das residências nas cidades mineiras, apenas nas paredes internas ou, em toda construção. Alguns exemplares atravessaram o tempo resistindo até hoje, fazendo parte do casario urbano de muitas cidades, como Diamantina, Mariana, Tiradentes e Pedralva, entre outras. Destaca-se, ainda, que seu uso não estava restrito apenas à arquitetura residencial. Mello (1985) cita que com esta técnica foram construídas capelas como a de Nossa Senhora do Ó, em Sabará, a de São Francisco, em Caeté e a de Nossa Senhora das Mercês, em Mariana, todas no Estado de Minas Gerais. Smith (1969) afirma, ainda, que a taipa de mão foi utilizada em edifícios de importância como a antiga Intendência em Sabará, hoje Museu do Ouro.

4.1 Casa da Família Lambert, em Santa Teresa, Espírito Santo

A casa dos Lambert, executada em taipa de mão, está localizada a 78,00 km da cidade de Vitória, capital do estado do Espírito Santo, na cidade de Santa Teresa, que possui população de 21.823 habitantes (IBGE, 2010).

É considerada, segundo Muniz (1997), a mais antiga construção de Santa Teresa, tendo sido construída por volta de 1876, pelos irmãos Antônio e Virgílio Lambert, sendo um marco da chegada dos imigrantes italianos naquela região. Na Figura 2 é possível visualizar a Casa Lambert em dois momentos distintos: no início do século XX e nos dias atuais.



Figura 2. Casa Lambert no início do século XX (Muniz, 2004) e atualmente (Wilza Lopes, 2011)

Foi construída junto ao rio São Lourenço, próxima ao centro de Santa Teresa. Muniz (1997, p. 140) descreve as modificações ocorridas na construção,

A estrada que liga Santa Teresa a Itaguaçu cortou parte do quintal da casa e a separou da capela que faz parte do conjunto tombado como patrimônio municipal. Construída em dois pavimentos, a casa conserva sua forma original, mas passou a ter telhas de zinco e o volume que constituía uma pequena cozinha, como no Trentino, já não existe. A escada para o sótão também já se perdeu. A base de pedra, a estrutura em madeira e as paredes de pau-a-pique reforçadas por ripas na diagonal permanecem aparentes, como sempre foram.

Observa-se nesta construção que a tradicional trama em xadrez, característica das construções em taipa de mão, foi substituída por uma trama em diagonal, mas que não é encontrada em outras casas da região.

Em 1985, foi tombada pelo Conselho Estadual de Cultura, reformada e aberta ao público em 2010. Abriga um museu, que conta a história da família Lambert e “é uma fotografia viva do início da colonização italiana no Espírito Santo a partir do século XIX e que teve o seu apogeu na formação de Santa Teresa, que se consolidou como a primeira cidade brasileira constituída a partir de um núcleo de imigrantes da Itália” (Ribeiro, 2010, p. 3).

4.2 Casa do Povoador, em Piracicaba, São Paulo

A casa do Povoador, executada em taipa de mão, está localizada na cidade de Piracicaba, que tem população de 364.571 habitantes (IBGE, 2010), e está distante 165,00 km da cidade de São Paulo, capital do estado de São Paulo, região sudeste do Brasil.

Localizada na margem esquerda do rio Piracicaba (Figura 3), é considerada a mais antiga construção de Piracicaba. Segundo (Cavalini, 2010, p. 30), foi “usada pelo capitão-povoador Antônio Corrêa Barbosa, fundador da cidade no século XIX. Reconhecida como Patrimônio Histórico do Estado, abriga um Centro Cultural que realiza mostras, exposições e apresentações musicais”.

Há controvérsias, entre os historiadores, no que diz respeito à data de construção da Casa do Povoador. “Em 1794, a Freguesia de Santo Antonio foi transferida pelo capitão-povoador Antonio Corrêa Barbosa da margem direita do rio Piracicaba para a margem esquerda, dando início à ocupação urbana e firmando o caminho para a constituição da cidade” (Piracicaba, 20--, p. 1).



Figura 3. Casa do Povoador no início do século XXI. (Wilza Lopes, 2002)

O rio Piracicaba está incorporado ao patrimônio da cidade. Segundo Mello (2010, p. 46), por qualquer opção de entrada, o visitante sempre acaba chegando às margens do rio, pois a cidade “tem suas raízes no rio Piracicaba, do qual tirou as condições de vida e florescimento. As margens foram primeiramente ocupadas pelos índios Guarani e Payaguá, atraídos pela abundância de peixes e pelo acesso viabilizado pelo rio”. Hoje, é nas margens do rio que se encontram muitas dos marcos culturais da cidade, como o Engenho Central, Casa do Artesão, Ponte Pênsil, Museu da Água, Rua do Porto e a Casa do Povoador, cujas janelas se abrem para o rio (Figura 4).

Foi tombada, em 1970, pelo Conselho de Defesa do Patrimônio Histórico, Arqueológico, Artístico e Turístico do Estado de São Paulo (Condephaat), tornando-se um dos espaços culturais mais autênticos e frequentados de Piracicaba. No local acontecem exposições, festividades folclóricas, exposição de bonecos, cursos de origami e apresentações culturais. “Hoje, a Casa do Povoador permanece imponente como um dos símbolos mais significativos das raízes piracicabanas” (Piracicaba, 20--, p. 2), contando, também, a história da taipa de

mão, técnica construtiva que foi usada na região, cujo detalhe foi deixado à vista em um trecho da parede (Figura 5), para visualização da técnica construtiva.



Figura 4. Vista do rio Piracicaba do interior da Casa do Povoador (Wilza Lopes, 2002)



Figura 5. Detalhe da trama de madeira em parede interna (Wilza Lopes, 2002)

4.3 Casa do Grito, em São Paulo (SP)

Situada nas proximidades do riacho do Ipiranga, executada em taipa de mão, a Casa do Grito (Figura 4), como é conhecida, foi construída na segunda metade do século XIX. Tinha inicialmente a função de residência e pouso de viajantes. Não se conhece a data precisa de construção, mas é “de 1884 o documento mais antigo sobre a origem do imóvel” (São Paulo, 2008, p. 106).



Figura 6. Casa do Grito, no Parque da Independência, em São Paulo (Wilza Lopes, 2012)

É chamada de Casa do Grito, devido à associação “com o quadro de Pedro Américo, intitulado ‘Independência ou Morte’ (Figura 5), onde é retratada uma casa com características semelhantes. No entanto, o documento mais antigo referente a esse imóvel é

datado de 1844 e consta dos autos do inventário de Guilherme Antonio de Moraes” (São Paulo, 2011, p.1).



Figura 7. Vista interna da Casa do Grito (Wilza Lopes, 2012)

A casa ficou abandonada até 1955, quando se “atribuiu caráter histórico ao imóvel, a partir da constatação de sua técnica construtiva: a taipa de sopapo ou pau-a-pique. Lançaram, então, a ideia de recuperá-la para visitação pública” (São Paulo, 2011, p.1).

Tombada em 1975, pelo Condephaat (Conselho de Defesa do Patrimônio Histórico, Arqueológico, Artístico e Turístico), a construção está localizada no interior do Parque da Independência, próxima ao Museu Paulista e ao Monumento à Independência. Apresenta exposição sobre a história da casa e aspectos da técnica construtiva da taipa de mão, contribuindo para sua divulgação.

4.4 Casas de taipa de mão no nordeste

A taipa de mão foi muito usada no nordeste, encontrando-se exemplares em várias cidades da região. Na cidade de Marechal Deodoro, primeira capital de Alagoas, “[...] grande parte das edificações que compõem o perímetro considerado pelo Tombamento Federal”, foram executadas em taipa de mão (Ferrare, 2008, p. 4).

Por ser uma técnica construtiva que utiliza materiais fornecidos pela natureza e que é facilmente assimilada, a taipa de mão, ainda, é uma constante nas construções do nordeste do Brasil, tanto no litoral como no interior. Lopes et al. (2010) constatam a existência de construções com taipa de mão na cidade de Teresina, capital do Piauí, provenientes de processo de invasão. Lima Júnior (2007), ao discorrer sobre arquitetura vernacular praieira, afirma que construções de taipa de mão são encontradas do Ceará até a Bahia, sendo adaptadas à função e ao local em que são construídas.

Segundo Lima Júnior (2007, p. 93), a casa do pescador cearense “é executada em terreno difícil, na maior parte areia fofa sujeita a muitas intempéries e se faz necessário rapidez de execução”. O pescador dessa região, “resignado ao meio, aceita mais facilmente a ação do tempo, como o vento e as dunas. Quando uma duna se move, ao ponto de afetar ou minar o uso da casa, o residente se muda e constrói a casa em outro local, fora do trajeto da duna”, confirmando a versatilidade desta técnica (Figura 6).

Lima Júnior (2007) encontrou exemplares de construções executadas com taipa de mão no litoral do Maranhão, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Alagoas. Na figura 6 apresenta uma casa na Praia do Cristóvão no Rio Grande do Norte, destacando a beleza do reboco, conseguida com os dedos, antes do barro secar.

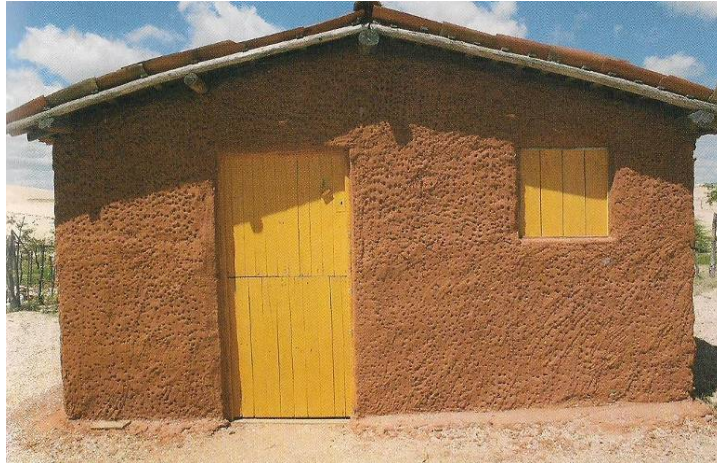


Figura 6. Construção de taipa de mão na Praia de Cristóvão, RN (Lima Júnior, 2007, p. 67)

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A técnica da taipa de mão faz parte do patrimônio cultural do Brasil, estando muitas construções relacionadas a acontecimentos de nossa história, além de ser ainda hoje utilizada em vários locais do país, por meio de materiais diversos, disponíveis e adaptados ao local. Trata-se de um conhecimento, de um “saber fazer” passado de geração a geração, que precisa ser reconhecido e conservado.

Ocorre que a maioria dos profissionais, relacionados à construção civil, geralmente, sai de suas escolas sem nenhum contato com as construções de terra, a não ser através das aulas de história da arquitetura, o que possibilita o esquecimento dessas técnicas de construção, conhecidas secularmente, das quais a taipa de mão é uma das mais usadas no país.

Atualmente, observa-se que a taipa de mão, mesmo sendo uma técnica de uso corrente em muitos locais do território brasileiro, integrada à nossa cultura, encontra-se associada a construções pobres e transitórias. Situação que vem sendo modificada com o interesse, cada vez maior, de grupos de pesquisadores no estudo, melhoramento e divulgação deste modo de construir, destacando, ainda, seu potencial como técnica construtiva.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarenga, M. A. A. (1984). *Arquitetura de terra: Técnicas Construtivas*. Belo Horizonte, 1984./Digitado.
- Brasil. Presidência da República. (1988). *Constituição da República Federativa do Brasil*. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constitui%C3%A7ao.htm>. Acesso em: 03 abr. 2012.
- Cavalini, N. C. (2010). *Participação comunitária em Piracicaba/SP: estudo sobre o interesse comunitário no desenvolvimento turístico da Avenida Beira Rio e Rua do Porto*. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Turismo) – Unesp/Rosana, 2010.
- Del Brenna, G. R. (1982). Para arquitetos e não. In: Dethier, J.: *Arquitetura de Terra ou o Futuro de uma Tradição Milenar*. Rio de Janeiro: Avenir Editora.
- Dethier, J. (1986). *Des architectures de terre - L'avenir d'une tradition millénaire*. Paris: Editions du Centre Pompidou..
- 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, jul.1984.
- Ferrare, J. O. P. (2008). Análise e proposições para a recuperação do acervo patrimonial em ‘taipa de pau–a–pique’ na cidade histórica Marechal Deodoro – Alagoas. In: *Seminário*

Ibero-americano de Construção com Terra, 7 e Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil, 2. São Luís. Anais... São Luís: UEMA.

Flores, M. O. (1994). Técnica de entramados. In: VIÑUALES, G. M. et al. *Arquitecturas de Tierra en Iberoamérica*. Buenos Aires, AR. Programa de Ciência y Tecnología para el Desarrollo /. HABITERRA. p. 25-27.

Goulart, M.; Santos, R. I. C. dos. (1998). Uma abordagem histórico-cultural do turismo. *Turismo – Visão e Ação*, v. 1, n. 1, p. 19-28, jan./jun. 1998.

Houben, H.; Guillaud, H. (1994). *Earth Construction – A comprehensive guide*. London: Intermediante Technology Publications.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2010). *Cidades*. Disponível em: <<http://www.ibge.com.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em: 25 mar. 2012.

Lima Júnior, G. C. de B. (2007). *Arquitetura Vernacular Praieira*. Recife: Genival Costa.

Lopes, W. G. R.; Carvalho, T. M. P., Matos, K. C.; Alexandria, S. S. S. de (2010). A taipa de mão em Teresina, Piauí, Brasil: a improvisação e o uso de procedimentos construtivos. In: *Seminário Ibero-americano de Construção com Terra, 9 e Seminário Arquitectura de Terra em Portugal, 6*. Coimbra. Anais... Coimbra: Universidade de Coimbra. p. 1-10.

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, maio - ago. 2001.

Lopes, W. G. R. (1998). 232 p *Taipa de mão no Brasil: levantamento e análise de construções*. Dissertação (Mestrado em Arquitetura). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP.

Machado, G. C.; Dias, R. (2009). Patrimônio cultural e turismo: Educação, transformação e desenvolvimento local. *Revista Eletrônica Patrimônio: Lazer & Turismo*, v. 6, n. 8, out./dez./2009. p. 1-11.

Mascarenhas, A.; Godoy, M.; Rojas, S. F. (2010). Apropriação como elemento essencial na revitalização de monumentos históricos. In: *Seminário Ibero-americano de Construção com Terra, 9 e Seminário Arquitectura de Terra em Portugal, 6*. Coimbra. Anais... Lisboa: Argumentum. p. 74-77.

Meneses, U. T. B. de. (1996) Os usos culturais da cultura: Contribuição para uma abordagem crítica das práticas e políticas culturais. In: Yázigi, E.; Carlos, A. F. A.; Cruz, R. C. A. da. *Turismo: espaço, paisagem e cultura*. São Paulo: Hucitec.

Milanez, A. (1958). *Casa de Terra: As técnicas de estabilização do solo a serviço do homem do campo*. Rio de Janeiro: Serviço Especial de Saúde Pública – Ministério da Saúde.

Minke, G. (2001). *Manual de Cosntruccion en tierra*. 2 ed. Montevideo: Editora Nordan-Comunidad, 2001.

Mello, S. de. (1985). *Barroco Mineiro*. São Paulo: Brasiliense.

Mello, S.S. (2010). Piracicaba: o reencontro entre a cidade e o rio. *Cadernos PROARQ*. Rio de Janeiro, n. 15, p.45-56, dez. 2010.

Muniz, M I. P. (1997). *Cultura e Arquitetura: a casa do imigrante rural italiano no Espírito Santo*. Vitória: EDUFES, 1997.

Pelegrini, S. C. A. (2006). Cultura e natureza: os desafios das práticas preservacionistas na esfera do patrimônio cultural e ambiental. *Revista Brasileira de História*. São Paulo, v. 26, n. 51, p. 115-140, 2006.

Piracicaba. (2010). Secretaria Municipal da Ação Cultural de Piracicaba – Semac. *Casa do Povoador*. Disponível em: < http://semac.piracicaba.sp.gov.br/povoador/?page_id=19>. Acesso em: 28 mar. 2012.

- Pires, R. (2010). Construção com terra no Centro Ambiental de Cabaços- Terra, Vento, Fogo e Água In: *Seminário Ibero-americano de Construção com Terra, 9 e Seminário Arquitectura de Terra em Portugal, 6*. Coimbra. *Anais...* Lisboa: Argumentum. p. 273-277
- Ramos, L. M.; Gámez, D. R.; Cossío, F. V. (2002). *Arquitectura y Construcción com Tierra*. Tradición e Innovación. Boceguillas: Maireia, 2002.
- Ribeiro, F. (2010). *Santa Teresa restaura casa secular e ganha mais um ponto turístico*. Disponível em: <<http://www.montanhascapixabas.com.br/?x=materia&codItem=1619&codArea=4>>. Acesso em: 25 mar. 2012.
- São Paulo (Estado). (2008). Secretaria da Educação. *Horizontes culturais: lugares de aprender*. São Paulo: FDE, 2008.
- São Paulo (Cidade). (2011). *Casa do Grito*. Disponível em: <<http://www.museudacidade.sp.gov.br/casadogrito.php>>. Acesso em: 30 mar. 2012.
- Silveira, A. V. da. (2010). A paisagem cultural e o patrimônio vernáculo: o desafio da preservação no interior do Espírito Santo. In: *Colóquio Ibero-Americano Paisagem cultural, patrimônio e projeto: Desafios e perspectivas*, 1. Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte: UFMC/MACPS. p. 1- 16.
- Silveira, C.; Gama, A. (1982). Arquitetura de taipa. *Módulo*, Rio de Janeiro, n. 70, p. 74 - 77, maio.
- Silveira, C. (20--). *Arquitetura consciente: A Taipa Moderna*. Disponível em: <<http://www.csaarquitectura.com.br/>>. Acesso em: 28 mar. 2012.
- SMITH, R. C. (1969). Arquitetura Civil no Período Colonial. *Revista do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional*. Rio de Janeiro, Ministério da Educação e Cultura. v.17, p.27-125.
- Souza, R. C. J. de. (1996). Problemas de Conservação em Construções Típicas de Minas Gerais. *Cadernos de arquitetura e Urbanismo*. Belo Horizonte, 1996. n. 4, p. 103-120, maio 1996.
- Schmidt, C. B. (1946). Construções de Taipa: Alguns aspectos de seu emprego e da sua técnica. In: *Boletim de Agricultura*. série 47A, 1946.
- Vasconcellos, S. de. (1979). *Arquitetura no Brasil: sistemas construtivos*. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG.
- Viñuales, G. M. (1993). *Construção com terra em Iberoamérica. Heranças e transferências*. In: Conferência Internacional sobre o Estudo e Conservação da Arquitectura de Terra, 7. Silves, 1993. *Anais...* Lisboa, DGEMN, p. 148-52.
- Weimer, G. (2005). *Arquitetura popular brasileira*. São Paulo: Martins Fontes.

AUTORES

Wilza Gomes Reis Lopes. Arquiteta (UFPE, 1978), Especialista em Urbanismo (UFMG,1985), Mestre em Arquitetura (USP, 1998), Doutora em Engenharia Agrícola (UNICAMP, 2002). Professora Associada Dep. de Construção Civil e Arquitetura– DCCA/CT/UFPI e do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA/UFPI). Membro da Rede Ibero-americana Proterra. Coordenadora do Laboratório Urbano da Paisagem – LUPA.

Karenina Cardoso Matos. Arquiteta e Urbanista, Especialista em Meio Ambiente, Mestre em Arquitetura, Doutoranda em Urbanismo pela Universitat Politècnica da 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.

Thaís Márjore Pereira de Carvalho. Arquiteta e Urbanista formada pela Universidade Federal do Piauí (UFPI, 2011). Foi bolsista do Programa de Pesquisa em Iniciação Científica – PIBIC/UFPI, período 2008/2009. Membro do Laboratório Urbano da Paisagem - LUPA da UFPI.



TERRA BRASIL

2012



IV Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil
07 a 10 de agosto de 2012 | Fortaleza - Ceará

A TAIPA PARA CONHECER E LEMBRAR: UM REGISTRO DA CONSTRUÇÃO DA MORADIA DE COMUNIDADES ALAGOANAS

Oliveira, Roseline

Arquiteta, Professora Doutora da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Alagoas. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Campus A. C. Simões - Av. Lourival Melo Mota, s/n, Cidade Universitária - Maceió - AL, CEP:57072-900; (82) 99380048, roselineoliveira@gmail.com

Palavras-chave: taipa, patrimônio imaterial, registro audiovisual

Resumo

Em um tempo marcado por discussões em torno da ecologia e sustentabilidade, cada vez mais os homens envolvidos com a construção civil se esforçam não apenas para descobrir novidades técnicas e metodológicas que garantam a otimização do processo, como também em definir a própria arquitetura. Limpa e tecnológica são alguns termos que têm adjetivado a construção de edifícios novos. Dentro dessa dinâmica, um outro movimento se consolida através dos órgãos preservacionistas que nos últimos anos têm investido em pesquisas desenvolvidas em parcerias, buscando reconhecer certas práticas chamadas de imateriais. Nesse patamar, a arquitetura é novata, mas tem ganhado cada vez mais espaço no campo dos investimentos, inclusive privados, que visam à repercussão cultural. O artigo, pois, visa socializar um trabalho desenvolvido pelo Grupo de Pesquisa Estudos da Paisagem-UFAL em torno de pequenas comunidades situadas no sul de Alagoas. Com o apoio da 17ª Superintendência do IPHAN, o grupo valeu-se dos métodos da história oral e do Situacionismo para conhecer e registrar, na linguagem de um vídeo, as pessoas e uma arquitetura que até bem pouco tempo atrás precisava dos pés dos homens, da dança e da música para acontecer.

1. O ESTUDO DE UMA ARQUITETURA E A DIVULGAÇÃO DO PATRIMÔNIO

Desde 1998, o Grupo de Pesquisa Estudos da Paisagem, sediado na Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da UFAL e registrado na base Lattes do CNPq, tem assumido o desafio de compreender as formas urbanas no âmbito do espaço e do tempo. Seu tema é o espaço quando qualificado esteticamente, ou seja, quando existe enquanto paisagem.

É no sentido de repertoriar a situação colonial dos primeiros núcleos urbanos no Nordeste brasileiro que o Grupo tem mobilizado suas investigações. Para tanto, partiu-se da pesquisa histórica, tendo como principal questão a gênese da urbe brasileira. Cerca de 20 localidades nordestinas que surgiram no contexto dos séculos XVI e XVII foram mapeadas e um subgrupo de vilas e cidades, situadas em uma região que se estende do Estado da Paraíba até o Sul da Bahia, foi estudado com mais profundidade na perspectiva de entendimento de seus conjuntos edificados iniciais e os remanescentes dessa memória na contemporaneidade. Portanto, as pesquisas relacionam-se diretamente com as variadas situações urbanas de centros coloniais que vêm sendo alvo de ações voltadas para a preservação patrimonial e o Turismo.

O grande parceiro desses estudos acerca do passado urbano tem sido o acervo de iconografia histórica que vem sendo cada vez mais divulgado e manuseado. A Região Nordeste, abrangência geográfica das investigações, encontra-se em situação privilegiada para a realização de estudos iconográficos, já que os primeiros momentos de sua ocupação urbana foram exaustivamente registrados pelos holandeses que tinham na elaboração da imagem uma forma de documentação, como também um instrumento para conhecer o próprio lugar. Desenhar requer observar, aprender a ver, pois, conhecer.

Os holandeses partilhavam com os portugueses a preocupação com as técnicas náuticas e a cartografia, porém, optando por descrever suas descobertas e conquistas através de mapas precisos e ricos em detalhes. (Bueno, 2005, p.147) Participando das conquistas tecnológicas e científicas do século XVII, onde se destacam os trabalhos de Galileu Galilei, Kepler, Bacon entre outros, as Províncias Unidas serão responsáveis pela ampliação do uso da luneta, da câmera escura, do telescópio e do microscópio, permitindo o incremento do espírito de observação e, por extensão, o registro com expressividade do contexto e a história do então chamado “Brasil Holandês” e denunciando o compromisso de seus cientistas e artistas com a verossimilhança, buscando informações minuciosas sobre o território encontrado.¹

Movidos pela curiosidade em busca da natureza (Prestes, 2000, p.24), os registros iconográficos holandeses no Brasil tomaram, pois, recortes diversos: a produção cartográfica, na forma de mapas e vistas, dentre elas, as pinturas e gravuras de Frans Post, os retratos e naturezas-mortas produzidas por Eckhout, e as coleções de registros de flora e fauna, especialmente o *Theatrum rerum naturalium Brasiliae* e o *Miscellanea Cleyeri* denunciam um deslumbramento pela diversidade paisagística e dos habitantes desse território, registrando fragmentos de cenas do cotidiano, frutas e outros alimentos e até de sinais do canibalismo encontrado dentre o rol de costumes dos nativos.

Obviamente, nesse processo, o olhar seletivo do autor era essencial e determinante (Alpers, 1999). Por esse motivo, quando um elemento paisagístico aparentemente inexpressivo, mas detalhadamente registrado com uma sutil vontade, a exemplo da textura de uma parede de terra, é eleito para compor a tela, ele tem uma dupla função: a de revelar uma visão de autoria e o de representar o lugar. Os elementos registrados, nesse sentido, representam o reconhecimento da paisagem, significando sua identidade. Esses registros, que também tinham a função de divulgar a atuação do governo de Maurício de Nassau, permitirão que suas experiências ultrapassem seu momento e sua geografia, chegando até os dias de hoje.

Essa apreciação acerca do passado urbano tem uma base na leitura de antigas imagens, mas com um olhar também sobre a paisagem concreta das velhas localidades. Pautando a conduta investigativa pela experiência, apropriando-se do Situacionismo (Berenstein, 2003), foi necessário empreender incursões em busca dos dados. Inúmeras viagens. As derivas e a análise da paisagem em seu próprio ambiente físico são consideradas como processos metodológicos adotados não apenas para revisar e averiguar os dados coletados nas fontes documentais, como também para re-conhecer o ambiente construído, considerando ele mesmo como um documento.

Nesse processo de observação, um filtro, que inicialmente teria a função de identificar ruas e edifícios, foi revelando, como o pressuposto, gestos, movimentos de coisas e pessoas, o que desestabilizou a ideia primeira de arquitetura enquanto matéria estática e ampliou a noção de paisagem na perspectiva bem próxima da definição de espaço urbano de Argan.² A partir de tal reconhecimento, os próprios documentos foram revistos com um olhar mais ampliado, incorporando na análise da expressão urbanística colonial também os elementos da fauna, da flora e os movimentos dos homens. Estes últimos, no caso das telas de Frans Post², são geralmente seguidos com inscrições, tais como “modo de levar as portuguesas à igreja” ou “assim são transportadas as cargas em carros de boi”, o que demonstra o conteúdo cultural de que esses registros são impregnados³ (figura 1).



Figura 1. Movimentos de pessoas em detalhes de registros das vilas de Olinda (os dois primeiros), Igarassu e Serinhaém, todas situadas nos limites da antiga Capitania de Pernambuco, elaborados por Frans Post em meados no século XVII. Os dois últimos detalhes são referentes às inscrições referidas no texto (Lago, 2006)⁴

A dinâmica urbana desses núcleos coloniais puderam ser sensorialmente percebidas a partir das visitas in loco e os registros audiovisuais que foram os mecanismos essenciais que permitiram a aproximação dos pesquisadores com os lugares. Uma experiência que tem colocado em questão temas sobre o patrimônio cultural, memória e identidade no âmbito das investigações acerca do legado edificado de longa duração (Figura 2). Nessa perspectiva, a vivência no lugar abriu, pois, não só uma outra frente de noção da paisagem, como também fundamentou uma outra forma de atuação do Grupo: transformar a história em imagens de maneira a tornar o patrimônio mais visível para a sociedade.



Figura 2. Esquema comparativo mostrando a prática da pesca no litoral nordestino no século XVII e em Pontal do Coruripe (Alagoas) em 2006. (Fonte: Arquivo do Grupo de Pesquisa Estudos da Paisagem)

Nessa perspectiva, esse material tem rendido uma série de produtos culturais concebidos através da linguagem do Laboratório de Criação Taba-etê (vocábulos indígenas que significam “grande taba”, usados para exprimir o acontecimento das vilas e cidades introduzidas pelos portugueses), vinculado ao referido Grupo de Pesquisa. Além da divulgação dos resultados acadêmicos, sua pretensão é levar de volta às comunidades os conteúdos da pesquisa em formato de produtos comprometidos com a educação básica e com o desenvolvimento da cidadania.

Através de projetos que se apresentam sob a linguagem do Design, busca-se construir o elo entre a pesquisa acadêmica e frações expressivas da sociedade brasileira, desde pequenos povoados até capitais, contribuindo para despertar o interesse pelo conhecimento e valorização do patrimônio histórico nacional, com repercussões no sentido de pertencimento e de auto-referência dos próprios cidadãos.

A proposta de aproximar universidade e sociedade também foi sendo estimulada pelas demandas de editais nacionais, o que promoveu o reordenamento do Grupo e a autoria do Taba-etê de uma série de trabalhos de cunho extencionista. Partindo do material audiovisual das investigações – filmagens, fotografias, iconografia histórica, entrevistas – o Laboratório se colocou diante do desafio de socializar esse conhecimento, esforçando-se em formatar os resultados das pesquisas em desenhos bi e tridimensionais, aproveitando as habilidades manuais, de criação e de espacialização próprias da formação do arquiteto.

Este artigo consiste na exposição de um exemplo dessa produção que dá cara a um dos desafios da universidade, qual seja, o de enfrentar a empiria e servir à sociedade. Trata-se de um registro audiovisual de gestos humanos que participaram da paisagem colonial, como denunciam os registros seiscentistas holandeses, e ainda participam da vida de comunidades situadas no litoral sul do Estado de Alagoas que ainda lembram da forma de fazer e viver na moradia de taipa.

2. A TAIPA E OS QUE TAIPAM

Remanescentes de qualquer natureza têm sido obviamente os grandes parceiros daqueles que procuram compreender o passado. Nessa perspectiva, a região Sul de Alagoas encontra-se privilegiada para a realização de estudos históricos não apenas por ter sido tema de um rico conjunto iconográfico histórico, como dito anteriormente, como também por sua paisagem ainda conter muitas permanências que podem ser averiguadas com base nessas antigas imagens (Figura 3).



Figura 3. Vista da Vila de Alagoas (atual cidade de Marechal Deodoro, AL) com detalhes mostrando construções aparentemente feitas de terra, por Montanus, 1671. (Adonias, 1993. p.187)

Conforme sinalizam as paisagens atuais de Poxim e do Pontal do Coruripe (paisagens construídas à imagem dos que ali vivem e trabalham), a casa de taipa conforme a tradição

local – taipa coberta com palha de coqueiro – na duração se inscreve discretamente no conjunto arquitetônico dos respectivos povoados que inclui dentre seus elementos muitas edificações de taipa coberta de telha e/ou inteiramente de alvenaria.

Atualmente é reduzido o número de casas de taipa cobertas com palha de coqueiro nos povoados, entretanto, os moradores mais antigos das localidades pesquisadas - importantes intérpretes da história do lugar – ao serem indagados sobre a paisagem do passado dão importância a este tipo de morada não apenas pelas vantagens em relação ao custo de sua edificação ou pela sua materialidade como teto que abriga, mas, sobretudo, por tudo aquilo que uma casa de taipa guarda e evoca para estes e outros moradores do sul de Alagoas.

As casas de taipa são construídas com as coisas que a terra dá e o processo construtivo em si, que pode ser registrado em comunidades da região Sul de Alagoas, através da oralidade, revelou-se como bem valioso para as pessoas de Poxim e do Pontal do Coruripe e com múltipla significação para as mesmas. Nestes contextos, portanto, o processo construtivo as casa de taipa coloca-se como uma importante via de acesso ao conhecimento de valores, da maneira de pensar e do modo de vida das pessoas que habitam estes povoados.

Com relação ao tapamento podemos dizer que esta etapa possui um aspecto lúdico que se torna evidente com o clima de festa durante o trabalho com cantigas e brincadeiras entre os participantes. O beneficiário do tapamento oferece bebida e comida aos parentes e/ou amigos aos que cooperam nesta tarefa. Pelo trabalho no tapamento de uma casa de taipa não há retribuição direta em dinheiro.

Além de baratear os gastos na construção da morada, o processo construtivo de uma casa de taipa desempenha um importante papel na edificação de laços de sociabilidade entre as pessoas que colaboram nesta prática. A reciprocidade urgida através desse sistema singular de cooperação, coloca-se como um elemento essencial para as pessoas das localidades de Poxim e Pontal do Coruripe e de outras que habitam a região sul de Alagoas, de construir suas moradas no território de pertencimento e nos moldes da tradição local (Figura 4).





Figura 4. Construção de casa de taipa em Pontal do Coruripe. (Fonte: acervo do Grupo de Pesquisa Estudos da Paisagem)

3. PESSOAS, LEMBRANÇAS E A FORÇA DA TAIPA

O aspecto que gostaríamos de destacar nesta comunicação seria a importância da terra como algo que não se limita à produção das paredes, ou seja, do sistema de vedação, mas que envolve todas as etapas vinculadas à existência desta casa.

Sob o olhar do arquiteto-construtor, a taipa realizada nesta região inicia-se com a produção do “barreiro”. É preciso misturar o barro com a água para dotá-lo de certa plasticidade e isto se constitui no primeiro passo para a produção da matéria de preenchimento. Antes disto, já foi realizado o entramado de madeira que deverá ser todo montado antes da etapa de barreamento. Segue-se então o amoldamento do barro com os pés e a vedação da estrutura. Por vezes a taipa é alisada e a seguir, caiada.

Porém, se se observa a produção da taipa dentro de uma outra configuração onde as relações sociais são evidenciadas, a prática da taipa inicia-se de uma outra maneira. Ela surge de um pacto, ela pressupõe a existência e a manutenção de certas práticas de sociabilidade. Sem o vínculo comunitário, nestas regiões de que trata esta comunicação, é impossível produzi-la. Ela implica um trabalho associativo, a reunião e a cooperação entre os núcleos familiares. Considerando-se estes fatores, ou seja, os aspectos tangíveis e intangíveis, a taipa inicia-se com o contato com os amigos e com o convite para a construção da nova casa. Sendo uma casa de farinha, ela será utilizada por grupos comunitários para o processamento coletivo do produto das roças. Acertada a data, cabe às mulheres o trabalho da preparação da comida, que é o pressuposto da troca ao serviço de levantamento das paredes.

O ritual de execução da taipa deve ser realizado no período de um dia⁵. Os trabalhos iniciam-se ao nascer do sol e finalizam-se ao cair da tarde. O ato mais emblemático da construção é a preparação coletiva da terra que precisa ser bastante moldada. Isto se faz com os pés, numa roda onde participam homens e mulheres. Este trabalho é comumente realizado acompanhado de cantorias. A terra úmida, matricial, gera o abrigo. Muitas vezes, a obra é finalizada com uma festa, com danças e bebida.

Na paisagem, a edificação destaca-se por seu amplo telhado, de águas bastante pronunciadas visto a difícil condição de escoamento provida pela palha. Esta forma de construir um abrigo, basicamente a cobertura sustentada por esteios e vedação simples – reedita a casa arquetípica vitruviana.

Porém, trata-se, por outro lado, de uma versão simplificada adotada para a construção da oca (habitação indígena) e de outras estruturas que servem como abrigo para execução das tarefas do cotidiano até os dias hoje em Alagoas. Essa é a mesma estrutura básica, sempre em madeira e palha, que surge em versão mais reduzida para o abrigo da canoa à beira rio, para a lavagem de utensílios dentro dos cursos d’água e às vezes como apoio à realização de certas tarefas domésticas, cobrindo o fogão de barro e a estrutura utilizada para a secagem de utensílios e alimentos no preparo da alimentação (giraus).

Quando se discute a manutenção da arquitetura de terra no Brasil, em sua versão vernácula, acredita-se que a casa de taipa constitui-se em um exemplo significativo.

Contudo, está em pauta as possibilidades de sobrevivência de um modelo de vida que pressupõe as já referidas práticas comunitárias, um certo tipo de proceder artesanal, uma relação fenomenológica com o entorno e com o próprio edifício, que se encontram largamente ameaçadas de desaparecimento.

O registro audiovisual que foi produzido (Figura 5), enfatiza, pois, essa ligação ao saber popular, à oralidade, que demanda um conhecimento estritamente vinculado ao sítio, para o uso correto de materiais diretamente extraídos da natureza. Este fatores tornam surpreendente o fato dessa forma de construir chegar “viva” e operativa aos nossos dias.



Figura 5. Imagens da face de abertura dos vídeos-produto do projeto *Modos de construir, modos de alimentar, memórias da paisagem Caeté das Alagoas*, financiado pelo IPHAN (edital 01/2006)⁶

4. CONCLUSÕES

Acredita-se que o rastreamento dos aspectos materiais, mas também dos imateriais de um lugar possa ampliar os acessos ao seu conhecimento histórico-cultural e, por extensão, criar alternativas para intervenções posteriores que visem a promoção do patrimônio local, através da reativação de suas cargas identitárias. Ativar memórias adormecidas através do levantamento documental não só contribui para o conhecimento do conteúdo patrimonial desses antigos núcleos, como também potencializa seus atributos atuais.

Ao atentar para os aspectos do cotidiano, os fazeres e saberes são convocados a contribuir para um conceito de paisagem que se quer colado à existência humana. Através de uma ressignificação do local, seus resultados também podem incentivar um balanço sobre as perspectivas das comunidades estudadas frente à estimativa de um presente e um futuro globalizados, onde, cada vez mais, configuram-se de suma importância os trabalhos de reconhecimento da identidade e da memória dos grupos sociais, particularizados no patrimônio material e imaterial.

Sobre os conteúdos imateriais, cuja importância vem sendo defendida com mais ênfase nos últimos anos pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional, eram recomendados por Mário de Andrade na década de trinta.⁷ Embora declinados à época, hoje são relembrados pela instituição.

Assim, acredita-se que este patrimônio movente enriquece a discussão sobre o tema da paisagem, à medida que convoca outros ingredientes, muitas vezes negligenciados por arquitetos, urbanistas e paisagistas, para a compreensão mais completa do cenário da vida dos homens e do legado que deixam à posteridade.

Espalhadas pelos interiores do Brasil, as construções com taipa, silenciosamente, asseguram a permanência de um patrimônio cultural e histórico, tornando-as um interessante objeto de estudo quando o objetivo é analisar a temática da arquitetura de terra não apenas como uma alternativa tecnológica, mas como uma produção que carrega todo um universo fenomenológico, poético e de uma memória que tem vencido o tempo, considerando o seu caráter de ancianidade como o legado iconográfico seiscentista resultante do olhar holandês sobre as terras brasileiras bem comprova.

Esse registro contemporâneo vale-se das formas de ver dos holandeses que um dia buscaram o detalhe, a palavra, o gesto humano e os elementos mais singelos para congelar um momento. Tal como os antigos registros, o vídeo “Coisas que a terra dá” foi esteticamente tratado para durar mais que o seu momento e permitir que um dia se possa reconhecer uma forma de construir que não tem conseguido deixar de se curvar às praticidades de materiais novos que dispensam qualquer envolvimento sensorial do homem, tornando os aspectos identitários do abrigo de taipa cada vez mais uma lembrança (Figura 6).



Figura 6. Imagens de palhoças, abrigos de barcos de pesca, situadas na praia do Patacho (Povoado de Tatuamunha, Alagoas), mostrando, em sequência, uma construção tradicional de taipa com cobertura de palha de coqueiro; com estrutura de madeira vedada com placas metálicas e outra coberta com telha cerâmica. Fonte: acervo do Grupo de Pesquisa Estudos da Paisagem

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADONIAS, I. (ed./org.) (1993). *Mapa: imagem da formação territorial brasileira*. Rio de Janeiro: Fundação Emílio Odebrecht.
- ALPERS, Svetlana (1999). *A arte de descrever: a arte holandesa no século XVII*. Tradução Antônio de Pádua Danesi, São Paulo, Edusp.
- ARGAN, G. Carlo (2005). *História da arte como história da cidade*. São Paulo: Companhia das Letras.
- BERENSTEIN, Paola (org) (2003). *Apologia da Deriva, escritos situacionistas*. Rio de Janeiro: Casa da Palavra.
- BOXER, C. R (2004). *Os holandeses no Brasil*. Recife: CEPE.
- BUENO, Beatriz (2005). A guerra de papel. Confecção e disputa pelos mapas. In: *TOSTES, Vera Lúcia Bottrel, et al.(org). Seminário Internacional A presença Holandesa no Brasil: Memória e Imaginário*. Rio de Janeiro: Museu Histórico Nacional. pp. 145-168.
- FILHO, Leonardo Dantas (2000). *Brasil Holandês. Frans Post, os desenhos do British Museum*. Petrópolis: Editora Index.
- LAGO, Beatriz do, LAGO, Pedro Corrêa do (2006). *Frans Post {1612-1680} Obra Completa*. Rio de Janeiro: Capivara.
- MARCGRAF, George (1942). *Historia Natural do Brasil*. Imprensa Oficial do Estado. São Paulo: Companhia Editora Nacional.
- ORAMAS, Luiz Perez (1999). Frans Post, Invenção e ‘aura’ da paisagem. In: HERCKENHOFF, Paulo,(org). *O Brasil e os Holandeses 1630-1654*. São Paulo: Sextante, pp. 218-237.
- PISO, Guilherme (1984). *História Natural do Brasil Ilustrada*. São Paulo: Companhia Editora Nacional.

PRESTES, Maria Elice Brzezinski (2000) . *A investigação da natureza no Brasil Colônia*. São Paulo: Annablume/FAPESP.

NOTAS

(1) Dentre os integrantes dessa comitiva, encontravam-se George Marcgrave, naturalista e cartógrafo alemão (1610-1644), e seu colega médico Willem Piso (1611-1678). (Boxer, 2004, p. 211-112) Esses naturalistas privilegiavam os animais e as plantas de maior porte ou possuidoras de alguma característica notável, bem como aqueles utilizados na medicina ou na alimentação. Coube a Frans Post (1612-1680) a representação da paisagem macro das vilas e cidades que compunham a colônia holandesa no Brasil, cujas obras constituem o primeiro registro pictórico da paisagem americana. Até então nenhum outro pintor reconhecido por uma academia havia retratado terras do outro lado do Atlântico. (Oramas, 1999, p.225). A Albert Eckhout (1610-1665) o registro da micro paisagem, ou seja, a representação dos espécimes da flora e da fauna, bem como os tipos humanos existentes nestas terras. Assim, Eckhout certamente trabalhou de maneira mais próxima com os naturalistas como Piso, e suas obras demonstram mais sobre a vida colonial que a própria urbanidade. (Marcgraf, 1942 e PISO, 1984).

(2) Nascido em Haarlem, filho de pintor e irmão de Pieter Jansz Post, um dos responsáveis pela construção da cidade Maurícia, Frans Post é, segundo Leonardo Dantas Filho “o primeiro paisagista europeu que trabalhou em terras da América, o primeiro pintor acadêmico a documentar em cores a paisagem brasileira (...)”. (Filho, 2000, p.10).

(3) Segundo Argan, “São espaço urbano também os ambientes das casas particulares; o retábulo do altar da igreja, a decoração do quarto de dormir ou da sala de jantar, até mesmo o vestuário e o ornamento com que as pessoas se movem, recitam a sua parte na dimensão cênica da cidade. Também são espaço urbano, e não menos visual para ser mnemônico-imaginário, as extensões da influência da cidade além das suas muralhas: a zona rural de onde chegam as provisões ao mercado da praça e onde o camponês tem as vilas e as suas propriedades, os bosques onde vai caçar, o lago ou os rios onde vai pescar (...)”.(Argan, 2005, p.3)

(4) Os textos das imagens holandesas foram traduzidos graças à colaboração de Nicolaas Grosse Vale, psicólogo holandês e professor da Universidade Federal de Alagoas. Salvo aqueles constituintes das telas de Frans Post, cujas informações textuais em português estão disponíveis na obra de Gaspar Barléus (1647) editada em CD-ROM pelo Instituto da Biblioteca Nacional do Rio de Janeiro.

(5) A descrição da prática encontra-se ancorada no acompanhamento da construção em taipa em vários locais em Alagoas como Viçosa, Maceió, Poxim, Pontal do Coruripe e outros, nos anos de 1990 e na primeira década dos anos 2000.

(6) Agradecimentos ao Grupo de Pesquisa Estudos da Paisagem FAU-UFAL pela cessão dos dados do projeto coordenado pela Profa. Dra. Maria Angélica da Silva e do registro audiovisual dirigido por Alice Jardim.

(7) Ver o anteprojeto apresentado por Mário de Andrade, solicitado por Rodrigo Melo Franco de Andrade, no contexto da elaboração do Decreto Lei que regeria a atuação do Serviço do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional.

AUTORA

Arquiteta e Urbanista (1999). Doutora pela Universidade Federal da Bahia-Brasil/Universidade do Algarve-Portugal (2009). É professora da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da UFAL, líder do Grupo de Pesquisa Estudos da Paisagem e tutora do Programa de Educação Tutorial. É consultora da FAPEAL e da EdUFAL. Tem experiência na área de patrimônio material e imaterial, atuando principalmente nos seguintes temas: história urbanística, iconografia e design.



EL EMBARRADO COMO TECNOLOGÍA DE CONSTRUCCIÓN CON TIERRA EN CUBA

Sánchez Rodríguez, Fernando¹; Zerquera Amador, Duznel²; Saroza Horta, Belkis¹; Monteagudo Rodríguez, Idamnis¹; Castro Conrado, Yami¹; González Moradas, María del Rosario³; Rodríguez Díaz, Miguel Ángel³; Barroso Valdés, Ileana Julia³; Sánchez García, Fernando⁴

- 1) Profesor. Facultad de Construcciones, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Cuba, fsanchez@uclv.edu.cu
- 2) Especialista. Oficina del Conservador de la Ciudad de Trinidad, Cuba.
- 3) Profesor. Departamento de Explotación y Prospección de Minas. Universidad de Oviedo. España.
- 4) Estudiante de Arquitectura, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Cuba.

Palavras-chave: Embarrado, muros de tierra, patrimonio, tipologías y técnicas constructivas

Resumo

Como en el resto del mundo, en Cuba también la tierra fue uno de los primeros y más importantes materiales de construcción. Desde los primeros años del descubrimiento y posterior colonia, las construcciones que utilizaban la tierra cruda para conformar muros, ya fuera sola, ligada con piedras u otros materiales orgánicos, se utilizó en las primeras villas que se fundaron y en otras ciudades del país.

Lamentablemente, con la introducción de otras tecnologías, la pérdida de oficios que permitían su construcción y sobre todo, la falta de conservación y el acelerado deterioro de esas edificaciones, han provocado una considerable disminución de este patrimonio, siendo en la actualidad muy pocas las viviendas que se construyen utilizando la tierra en cualquiera de sus variantes, y las existentes se encuentran en grave peligro de desaparecer.

El presente trabajo, que estudia una de las tecnologías de construcción con tierra, forma parte de los resultados obtenidos en una investigación realizada por los autores, sobre las tipologías y patologías de las viviendas construidas con tierra en algunas ciudades cubanas, cuyos centros históricos tienen grandes valores, y en los que la preservación de su patrimonio, en particular el de tierra, tiene connotaciones nacionales e internacionales.

INTRODUCCIÓN

El uso de la tierra como material en Cuba tiene referencias en las rudimentarias construcciones precolombinas, pero es a partir de la conquista que cobra importancia como material de construcción y se conforma una tipología constructiva.

La tierra fue usada en forma de adobe y tapia, pero también en una variante muy diferente, que es el denominado embarrado o embarro, introducido por los españoles luego de observar sus experiencias en otras regiones y como respuesta ante las acciones sísmicas más frecuentes en el oriente del país. Hay datos (Guía de arquitectura, 2002) que confirman que desde las primeras décadas de 1500 ya se construía con la variante del embarrado en la ciudad de Santiago de Cuba. El embarrado o embarro es una técnica muy similar a la del Bahareque o Bajareque, común en Latinoamérica.

Los resultados de las investigaciones realizadas por los autores (Saroza et al., 2009), (Sánchez et al., 2010), (Monteagudo et al., 1996), (Monteagudo et al., 2008) permiten afirmar que la forma de construir con esta tecnología, tiene elementos que son comunes para las diferentes regiones del país, pero también diferencias y características propias en cada contexto. Eso es lo que de forma sintética se ha querido explicar en este trabajo.

DESARROLLO

Se partió de la hipótesis de que en cada región existen elementos que caracterizan la construcción con tierra y le aportan rasgos distintivos, lo que permite afirmar que existe **tipos constructivos**, los que guardan estrecha relación, pues se mantienen los principales elementos, pero cambia la forma en que se prepara el entramado para recibir la tierra.

Los aspectos que se tuvieron en cuenta a la hora de realizar el análisis sobre la existencia de tipos constructivos fueron los siguientes:

- Principales elementos componentes de la tecnología.
- Características de la estructura de madera que recibirá la tierra.
- Características del elemento de cubierta, por el hecho de que es uno de los que más vulnerable se torna en el contexto del país, y que más cantidad de deterioros puede presentar.
- Las formas en planta y elevación de prototipos que se obtiene con cada tipo constructivo.
- El por ciento de tierra que puede estar presente en las viviendas de cada zona estudiada.

El embarado o embarro es un entramado de madera recubierto con una mezcla de tierra y estabilizante, por lo general algún tipo de hierba.

El tipo 1, que es representativo de la ciudad de Santiago de Cuba, tiene como rasgo distintivo el que los cujes que conforman el entramado van trenzados entre los elementos verticales (horcones y horconetes), con lo que no necesitan ser atados o clavados a los mismos. Esto ha hecho que también se le denomine en esa zona como **encestado**. Otra característica de este tipo que lo hace diferente a los otros dos, es que el muro arranca sobre una base pétrea o sobre cimiento de mampuestos, cascajos y mortero de cal y arena (figura 1).

El tipo 2 es representativo de la ciudad de Trinidad. Básicamente se construye un contenedor formado por elementos verticales y horizontales de madera, dentro de los que se colocan las bobinas o rolos conformados con tierra humedecida mezclada con hierba. En este tipo los cujes no se tejen alrededor de los elementos verticales, sino que se atan o clavan a ellos por ambos lados. En el espacio que queda es que se colocan los rolos o bobinas (figura 2).

El tipo 3 es prácticamente igual al 2, excepto por los materiales que utiliza. Para los elementos verticales se emplean postes del tronco de una palmácea que se denomina *yuraguana*; estos elementos también son empleados en muchos casos como estructura de la cubierta. Pero es indudable que la principal diferencia está en que durante el siglo XX se sustituyen en muchos casos los cujes horizontales por alambres del tipo que se emplea en los cercados para el ganado (figura 3).



Figura 1. Tipo 1



Figura 2. Tipo 2



Figura 3. Tipo 3

Síntesis de las principales características de los tipos constructivos

Tipo constructivo 1

El contenido de tierra de ordinario puede abarcar más del 50% de la masa del muro y la otra mitad la ocupa el entramado de madera y el encestado o tejido de cujes. Los muros se conforman a partir de un entramado de madera y cujes entrelazados, relleno o cuajado con barro y cascajos, y terminación con mortero de barro y cal (figura 4).



Figura 4. Fachada que muestra los elementos componentes de la tecnología en el tipo constructivo 1

Los tipos de plantas más comunes son las cuadradas y rectangulares, y sin portal o corredor al frente, estos resultan la excepción dentro del prototipo. Existe predominio de los patios incorporados dentro de la planta, tanto central como en una de las esquinas posteriores de la parcela (figuras 5, 6 y 7).

En todos los casos se trata de cubiertas en colgadizo, que se generan a partir de viguetas adosadas a los muros de fachada en las fognaduras para cubrir la primera crujía, y también la segunda, pero en ésta con una disminución de la pendiente. También se presentan plantas con corredor, las que resultan una excepción dentro de las edificaciones construidas con esta tecnología.

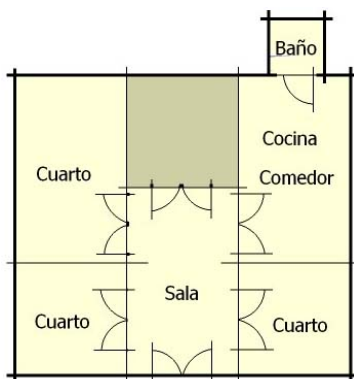


Figura 5. Esquema de planta cuadrada y patio central

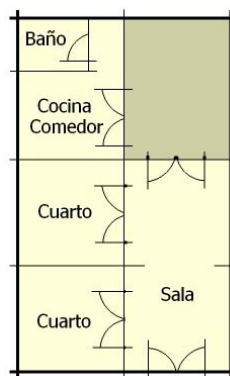


Figura 6. Esquema de planta rectangular y patio en esquina

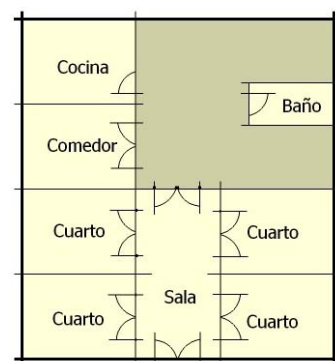


Figura 7. Esquema de planta cuadrada con patio en esquina

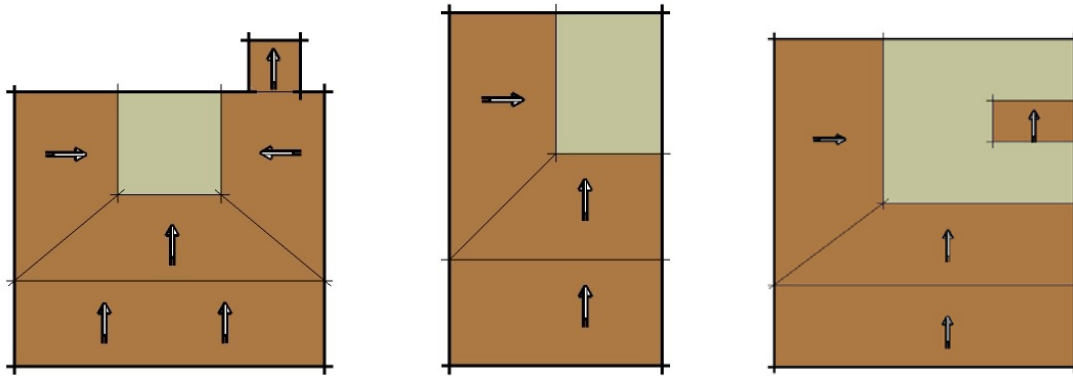


Figura 7. Plantas de cubiertas que se corresponden a los tipos anteriores

Elementos componentes y materiales

La organización estructural contempla horcones separados entre 2,50 m y 2,60 m que se hincan en el suelo una profundidad de entre uno y 1,20 m, actúan como los elementos soportantes principales y tienen sección cuadra de unos 15-20 cm. Entre horcones, y hasta una altura de 1,20 m, se construía un murete o zócalo de mampuestos asentados con mortero de cal (figura 8). Sobre este zócalo es que se construía el embarrado propiamente dicho, que consiste en una estructura de palos verticales denominados horconetes que se separaban entre 0,50 m y 0,70 m, y los cujes que se entrelazaban formando el entramado que recibía posteriormente el embarro (figuras 9, 10 y 11). La unión de los horconetes a las vigas horizontales era mediante corte con trinchas o barrenos, y se termina colocando una tabla en forma de zabaleta, llamada también guardapolvo. El entramado de madera para el embarrado se colocaba por lo general a cara interior o a eje.

Los tipos de madera utilizadas eran por lo general Jiquí o Caguairán para los horcones y soleras, y marabú espinado, mangle rojo o guaniquiqui para los cujes.

El embarrado que cubría el entramado de cujes era conformado con una mezcla de suelo arcillo-limoso y agua. En su desarrollo a esta mezcla se le adicionaban restos de tejas, pequeñas piedras y en general cascajos que estabilizaban la misma y le conferían mayor resistencia y durabilidad. La terminación del paramento se hacía con mortero de cal (figura 12).

La casi totalidad de las cubiertas son de madera y tejas criollas, del tipo colgadizo o par hilera, con fuertes pendientes y canales metálicas en las lima hoyas.



Figura 8. Base del muro



Figura 9. Unión horcón-encestado



Figura 10. Entramado vertical



Figura 11. Unión de los cujes



Figura 12. Detalle del revestimiento

Tipo constructivo 2

El contenido de tierra podía superar el 75% de la masa del muro, y la otra mitad la ocupa el entramado de madera y el tejido de cujes. Los muros se conforman a partir de un entramado de horcones y postes verticales, y cujes o cañas colocados transversalmente, formando un contenedor en el que se colocan piezas en forma de bobinas o rolos de tierra arcillosa, amasadas con fibras vegetales y revistiéndose con mortero de tierra y fibras, alisándose con la mano y aplicando como terminación una lechada de cal en varias capas (figuras 13 a la 19).



Figura 13. Fachada de la solución del tipo constructivo 2

Existen diferentes tipologías de plantas tanto por la existencia de portal, su forma geométrica, así como respecto a la disposición del patio. Esta tecnología se puede encontrar en parcelas esquineras y medianeras según su posición en la manzana.

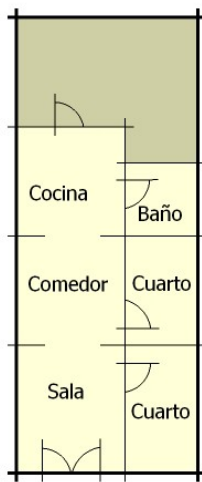


Figura 14. Planta rectangular y medianera



Figura 15. Planta rectangular esquinera

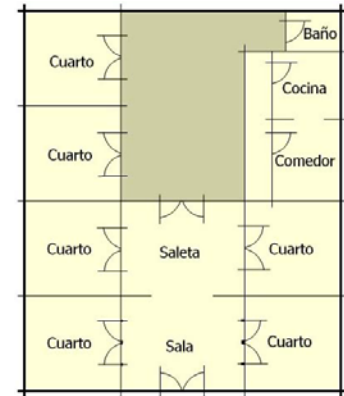


Figura 16. Planta cuadrada y esquinera

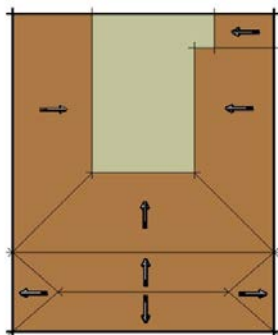


Figura 17. Planta rectangular, par e hilera y colgadizo

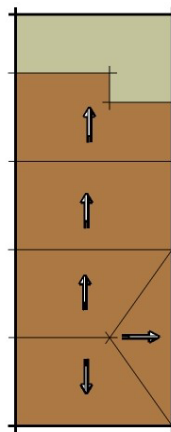


Figura 18. Planta rectangular, par e hilera con tres faldones y colgadizo

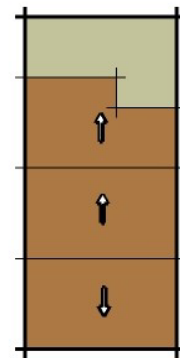


Figura 19. Planta cuadrada, cuatro aguas en primera crujía y colgadizos en el resto

Elementos componentes y materiales

Se hincan horcones y postes de madera dura directamente al suelo, en ocasiones con la punta semi quemada para protegerlos de la humedad. La separación entre estos elementos verticales no debe ser mayor que 1,50 m. Horizontalmente, y por ambas caras, se colocaban cujes de mangle rojo o güín de castilla. Los cujes (30-35 mm de diámetro) o güín, se separaban a unos 20 cm y se fijaban a los elementos verticales atándolos con bejucos de guanikike, arique de yagua o angarilla; en intervenciones posteriores se observan fijaciones con clavos (figuras 20 y 21).

El contenedor que se forma se rellena con bobinas o rolos de barro mezclado con hierba del tipo pitilla o espartillo, o incluso paja de arroz. Las dimensiones de estas piezas son de unos 20-25 cm de diámetro y de 30-35 cm de altura (figuras 22 y 23).

Para la terminación del paramento se utilizaba una mezcla de barro y hierba picada finamente, la que debía tener consistencia más fluida y se proyectaba con las manos sobre la superficie. Si los pandeos y deformaciones de los cujes producían planos no tan verticales, se realizaba la técnica del casqueo, que consistía en colocar trozos de materiales

cerámicos o pequeñas piedras, lo que también disminuía las grietas por retracción al no tener que usar grandes espesores de capas de suelo (figuras 24 y 25). Finalmente se aplicaban una o más capas de lechada de cal con brocha de fibra vegetal. Resultaba muy importante que las cubiertas tuvieran un alero que protegiera a los muros de la erosión de la lluvia al caer o por salpicadura.



Figura 20. Estructura del muro



Figura 21. Relleno del muro



Figura 22. Mezclando la tierra con hierba



Figura 23. Conformando los rolos



Figura 24. Relleno del muro



Figura 25. Acabado del muro

Tipo constructivo 3

Este tipo constructivo es similar al dos en cuanto a la forma de erigir el muro, pero tiene algunas características particulares en cuanto a los materiales y la tipología en planta. El contenido de tierra puede ser más del 75% de la masa del muro, pero cuando se utilizan alambres en sustitución de los cujes para formar el contenedor, puede ser mucho más, casi el 100% del muro.

Tecnología que se comienza a utilizar en el poblado de San Pedro, Trinidad, a principios del siglo XIX, tanto por pequeños colonos como por esclavos libertos de las plantaciones de

caña de azúcar del Valle de los Ingenios, que son los que fundan el poblado. Consiste en una estructura de horcones, paraleles y cujes que se rellenan con tierra, y que se utiliza en muros de cierre y divisorios (figura 26).



Figura 26. Fachada de la solución del tipo constructivo 3

La tipología del embarrado en San Pedro se caracteriza por generar diversos tipos de plantas, con predominio de las rectangulares con la fachada principal paralela a la calle. En todos los casos con portal al frente, lo que resultaba una necesidad para la integración con el contexto y sobre todo proteger la fachada de los embates de la lluvia. En la mayoría de los casos son viviendas insertadas al centro de la parcela o aisladas y con patio trasero (figuras 27 y 28).

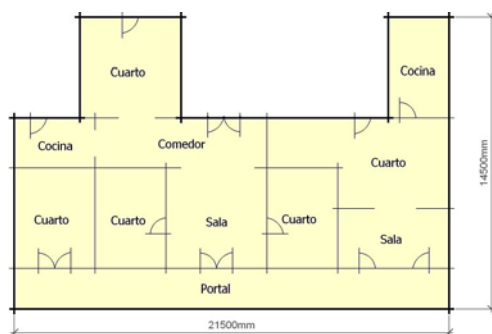


Figura 27. Ejemplo de planta rectangular paralela la calle y medianera

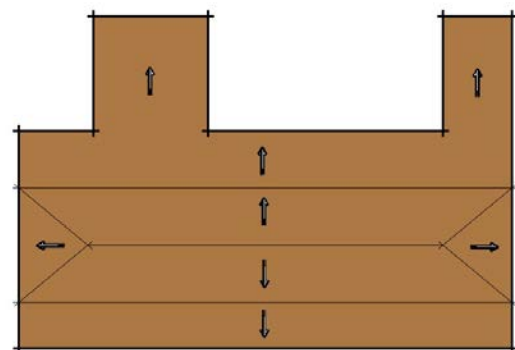


Figura 28. Cubierta de par e hilera a cuatro aguas y colgadizo de la planta anterior

Elementos componentes y materiales

Los muros se conforman a partir de un entramado de horcones y postes verticales, también llamados paraleles, que se espacian a unos 60 cm (figura 29). Estos postes podían ser rollizo de madera o también de yuraguana, una especie de palmácea muy común en la zona. Entre estos se coloca un entramado de cujes atados por bejucos, los que posteriormente se sustituyen por alambres de púas, similares a los que se usan para las cercas de los potreros de ganado (figura 30 y 31). También con el tiempo los cujes se fueron fijando con clavos. Dentro del contenedor que se forma es que se colocan las piezas (bobinas o rolos) de tierra arcillosa amasadas con fibras vegetales, por lo general hierba del tipo "pitilla" (figura 32). El muro se reviste con una masa de tierra arcillosa mezclada con hierba, picada en trozos muy pequeños, que se aplica con las manos (figura 33). La terminación se logra aplicando un enlucido de masilla de cal con brocha o con cuchara de albañil (figura 34).

Las cubiertas, que podían tener varias tipologías, se construían con estructura de madera y protección de guano, tejas criollas o francesas.



Figura 29. Entramado del muro



Figura 30. Uso de alambres en la estructura



Figura 31. Muro relleno



Figura 32. Conformando el relleno



Figura 33. Muro terminado



Figura 34. Revestimiento con cal

CONCLUSIONES

La investigación realizada permitió caracterizar esta tecnología constructiva, que aunque es muy poco usada en la actualidad, constituye un valioso patrimonio en cuanto a las tecnologías constructivas desde la etapa colonial, por lo que es una obligación estudiarla y contribuir a su salvaguarda.

Se pudo comprobar que existen diferencias en cuanto a los componentes de la tecnología y la forma en que se conforma el muro como tal, pero también en cuanto a la configuración planimétrica, altimétrica y aspectos espaciales, los que definen una respetuosa y solidaria

adecuación al contexto, lo que sin lugar a dudas es la clave de la permanencia de muchas de estas edificaciones a través de varios siglos.

Referencias

- Guía de Arquitectura* (2002). Oriente de Cuba. Editorial Junta de Andalucía, ISBN: 84-8095-316, p. 106
- Monteagudo, I., Rodríguez, M.A.; Saroza, B., Ruiz, P. N., Castro, Y. (2008). “*Recomendaciones metodológicas para la evaluación técnica de tapias de tierra y mamposterías tradicionales*”. Informes de la Construcción. En revisión. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid, España. ISSN: 0020-0883.
- Monteagudo, I.; Fernández, A., Flores, J. (1996). “*Material didáctico. Tecnologías de construcción con tierra* Curso de Capacitación Hábitat - Cuba / Fac. de Arquitectura.”. Hábitat-Cuba. La Habana, Cuba
- Sánchez, F. et al. (2010). *Estudio sobre los deterioros en las construcciones con tierra en el territorio cubano. Aplicación al patrimonio histórico*. Proyecto de investigación A/023369/09, AEDCI, Universidad Central de Las Villas, Universidad de Oviedo, 40 p.
- Saroza, B. et al. (2009). *Estudio de la patología de las edificaciones de tierra*. Proyecto de investigación A16279-08, AEDCI, Universidad Central de Las Villas, Universidad de Oviedo, 148 p.

AUTORES

Fernando Sánchez Rodríguez, Doctor en Ciencias Técnicas. Arquitecto. Profesor Titular de la Facultad de Construcciones de la Universidad Central de Las Villas, Cuba. Jefe de la disciplina Tecnología de la construcción. Director del Máster Edificaciones Sustentables. Miembro del Tribunal Nacional de Gados Científicos. Miembro de varias asociaciones profesionales. Profesional de Alto Nivel por la Unión Nacional de Arquitectos e Ingenieros de la Construcción de Cuba. Mercedor de la Distinción por la Educación Cubana y otras condecoraciones.

Duznel Zerquera Amador, Graduado en Licenciatura en Construcción Civil. Máster en conservación y restauración de edificios patrimoniales. Director de la escuela Taller de Oficios de Restauración de la ciudad de Trinidad, Cuba, de 1999-2007. Director técnico de la Oficina del Conservador de la ciudad de Trinidad y el Valle de los Ingenios. Miembro de la Cátedra "Gonzalo de Cárdenas" de Arquitectura Vernácula, Oficina del Historiador de la Ciudad de la Habana. Actualmente realiza un doctorado sobre el tema patrimonio edificado en tierra en la ciudad de Trinidad y el Valle de los Ingenios.



PUEBLO RICO, NEIRA: EJEMPLO DE CONSTRUCCIONES EN MADERA, BAHAREQUE Y TAPIA

Sánchez Osorio, Jose Robert

Universidad Católica de Manizales, Carrera 23 # 60-63 Barrio La Rambla
Teléfono 0968 782900 Extensión 3301, jsanchez@ucm.edu.co

Palabras claves: Guacas, Bahareque, Temblorero, Arboloco.

RESUMEN

El estudio, el rescate y la conservación de las técnicas constructivas empleadas en el proceso de colonización antioqueña en los departamentos del eje cafetero de Colombia, es un tema obligado para los procesos académicos y para los profesionales relacionados con los procesos constructivos y con el crecimiento de las ciudades y centros poblados, se sustenta esto por dos razones:

- 1- La declaración de paisaje cultural por parte de la UNESCO y el no saber las técnicas constructivas empleadas, condena a la destrucción del patrimonio y de la historia que tenemos, perder estos vestigios es perder nuestra identidad.
- 2- Estas técnicas son una excelente alternativa constructiva para poblaciones de escasos recursos, además son técnicas ambientalmente amigables, poco contaminantes y bajas en precios, dado a que los materiales son de consecución rápida y se dan en los mismos entornos intervenidos.

El estudiar la población de Pueblo Rico, Neira, Caldas (Figura 1); es retomar lo que los colonizadores antioqueños traían de los antepasados españoles, de la influencia que ellos tuvieron de los moros y de lo que los negros traían de África, mas la influencia de los indígenas nativos; es recopilar de manera detallada un punto estratégico de conexión de Antioquia a Cauca, Tolima y Cundinamarca, teniendo en cuenta que se convirtió en un lugar de paso de las antiguas bueyerías y arrierías, forma de sustento económico de los antepasados que dieron origen a las grandes familias que en la actualidad viven en la región.



Figura 1. Vereda Pueblo Rico, vista general (Fuente: Sánchez, Hoyos, Aguilera 2006)

1. REFERENCIA HISTORICA

1.1 Surgimiento

Este poblado, localizado en el departamento de Caldas, Colombia y exactamente en el municipio de Neira, distante 3,5 km de la cabecera y que en la actualidad hace parte del paisaje cultural cafetero, fue fundado en el siglo XIX.

Es un gran ejemplo de las técnicas constructivas empleadas por los colonizadores que venían desde Antioquia y en especial de la ciudad de Medellín, Rionegro y Sonsón, utilizando la senda que venía por Sonsón llegando por el actual corregimiento de Arma, Aguadas y Salamina, denominada ruta centro, (Figura 2).

Este lugar se estableció debido a que muchos de los pobladores de esta región necesitaban encontrar un nuevo asentamiento donde establecer un centro poblado que no estuviera en la concesión Aránzazu.



Figura 2. Relaciones entre las dos vertientes para la colonización (Gobernación de Caldas)

“Comparando los relatos de los principales cronistas, no siempre muy precisos, que se han referido al tema con suficiente investigación y seriedad, podemos afirmar que fue en el año 1834 cuando se inició la época histórica de la capital de Caldas con la instalación de don Fermín López y su familia, incluyendo a su cuñado José Hurtado, al pie del cerro que luego se denominó San Cancio, cerca al río Chinchiná. Procedían de Salamina, bien llamada “Madre de pueblos”, porque fue la gestora de la colonización de medio Caldas a través de los esforzados colonos que allí habían sentado sus reales. Deseaba don Fermín, prototipo de colonizador, evitar los pleitos con los González, Salazar & Cía. (Fundación Aranzazu), pero se equivocó al ubicarse en el sitio mencionado porque confundió los linderos pretendidos por la compañía al creer que el Guacaica, más cercano a Neira, era el Río Chinchiná” (Ceballos, 1991, pág. 24)

El proceso de colonización de esta ruta se dio en varias etapas, según las oleadas que iban desarrollando los pobladores para ir encontrando nuevas tierras o por la búsqueda de sitios

de explotación de riquezas mineras, como es el caso de la sonadora, en el sitio denominado el Guineo, lugar en donde los colonizadores creyeron encontrar grandes minas de oro y donde se establecieron cientos de familias para iniciar su explotación, resultando un falso descubrimiento, obligando al desplazamiento de las mismas hacia sus lugares de origen o a buscar tierras más al sur, es así que tenemos lo siguiente.

- a. Las primeras fundaciones durante el primer periodo - Sonsón, Abejorral, Aguadas, Pácora - se dieron entre los años 1780 y 1824.
- b. La segunda ola de fundaciones en el siguiente periodo - Salamina, Aranzazu, Neira, Filadelfia y Manizales - se dio entre los años 1827 y 1848.

Según los historiadores podemos afirmar que el poblado del antiguo Neira surgió entre los años 1842 y 1843 y el traslado del mismo se dio en el año 1847 a 1849 (Morales Arias, 1992), registros del surgimiento de Pueblo Rico, como tal no aparece este surgimiento en los archivos del departamento de Caldas, podrían existir en los archivos de Medellín, Sonsón o Abejorral; lo cual se duda, esto es producto de búsqueda en la actualidad, sin embargo, por la tradición oral se afirma que se estableció un lugar de paso "Fondas Camineras" hacia los años 1840, 1841; teniendo en cuenta que por este lugar ya habían cruzado oleadas de colonizadores españoles como es el caso del mariscal Robledo, como lo plasma el Padre Fabo en sus crónicas y recopilaciones.

La importancia de Pueblo Rico, en este proceso, está en que era ruta obligada -el camino de paso para llegar entre el primer asentamiento de Neira y el definitivo o donde está actualmente- siendo esta la conexión por el río Guacaica a Manizales.

Como lo afirman algunos cronistas e historiadores, se considera que este proceso de colonización se puede catalogar en una división del país por medio de provincias; algunos otros se atreven a afirmar que existió la conformación de países, es así que el departamento del antiguo Caldas se divide en cinco países. La población de Pueblo Rico surgió y estuvo incluida en el primer país, el cual está conformado por poblados del sur de Antioquia hasta el río Chinchiná, afluente que marcaba el límite con la provincia de Cauca, la cual dio un proceso de colonización diferente por el costado oriente y occidente del antiguo Caldas (Figura 3).

"Veamos entonces de manera sintética, basados en la bibliografía existente en los últimos años, dentro del proceso de formación regional caldense en el siglo XIX, los distintos países que se configuraron, y que unificados administrativamente entre 1905 y 1912, dieron lugar al departamento de Caldas en Colombia.

- a) *El norte caldense o el sur de Antioquia: colonizaciones, poblados, orden y conflictos. El país del sur antioqueño o norte caldense, fue construido por pobladores de diversa condición, en zonas medias de montaña entre el oriente de Antioquia y el páramo del Ruiz, hacia las vertientes occidentales de la cordillera central cayendo al río Cauca y al Chinchiná. Este es un país nuevo formado entre fines del siglo XVIII y mediados del siglo XIX, con la peculiaridad de que gran parte de los globos de terreno existentes entre la Ceja del Tambo (oriente de Antioquia) y el río Chinchiná, límite entre las gobernaciones de Antioquia y Popayán, estaban en parte titulados a los españoles Felipe Villegas y José María Aranzazu, ambos hombres influyentes y ricos comerciantes. Esta peculiaridad hizo muy conflictivo el proceso de colonización, dado que la lucha de colonos pobres y medianos por obtener tierras y formar colonias, con las dos concesionarias, fue larga y conflictiva. A ello se agrega el hecho de que los globos de terreno que decían poseer la "concesión Villegas" y la "Aranzazu", tenían*

zonas comprometidas con las antiguas jurisdicciones coloniales de la ciudad de Arma, con particulares que a cada paso alegaban propiedades o denuncios de baldíos no legalizados, y con los títulos mismos que, en casos, estaban viciados procesalmente o habían sido ampliados por sus sucesores. (Ortiz Meza; Almarío García, 2007 pág. 35-36)".



Figura 3. Colonización Antioqueña en el gran Caldas (Fuente: Morelia Pabón, 1992)

1.2 Relevancia

Este centro poblado, fue el último bastión para llegar a los parajes donde se localiza en la actualidad Manizales, lugar donde los colonos que llevaban las caravanas de bueyes y mulas con los materiales, insumos y pertrechos, pernoctaban en la noche y emprendían de nuevo sus travesías por los diferentes senderos. Desde allí llegaban a la naciente Manizales a Santa Rosa de Cabal y Pereira (actualmente Cartago), en el departamento de Risaralda y por tanto al valle del Cauca. Existían también conexiones desde allí a los parajes de Irra, salida al río Cauca y hacia el Tolima, Cundinamarca y la ciudad de Bogotá.

“El proceso de construcción del país del norte reviste especial importancia porque incorpora al territorio nacional gentes y espacios de gran valor para el desarrollo económico, social, político y cultural de Colombia. Reorganiza y abre nuevas comunicaciones entre Antioquia, el Cauca, el Tolima y el centro del país. Da lugar a la formación de una sociedad donde, en medio del sistema de concesiones, logran tener cabida pequeños y medianos propietarios que crean una cadena de poblados que incidirán en la formación de la región. Manizales se constituirá en el eje de la misma y sus élites jalonarán un proyecto regional que en lo económico se basó en el café, la agricultura, las vías de comunicación, la ganadería y el comercio, y en lo político y cultural, creó formas de cohesión desde el conservatismo en asocio con la Iglesia en el contexto de la "epopeya colonizadora".

El proceso de configuración del país del norte se produjo por el desplazamiento de oleadas de gentes humildes, sectores medios y grandes propietarios y comerciantes, sobre un espacio casi vacío y despoblado. Entre 1800 y 1849 las colonias de poblamiento se asentaron desde Sonsón y Abejorral hasta Manizales, pasando por Aguadas, Pacora, Neira y Salamina. A pocos años, Aranzazu y Filadelfia completaron el mapa y transformaron una selva en una sociedad de frontera agrícola y ganadera, de frontera cultural y política (Ortiz Meza; Almarío García, 2007, pág. 35 - 36)”

Así llegaron los primeros pobladores a las ciudades de Neira y de Manizales, además esta era la ruta obligada para llegar a Risaralda, al valle del Cauca y era un punto estratégico de conexión con la capital del país.

“Cuenta la tradición que por este territorio pasaba un camino que servía para comunicar a Cartago con Armaviejo, y que el último que lo recorrió fue un sacerdote de apellido Castillo, viaje que debió tener lugar a fines del siglo XVIII o sea cincuenta años antes de las exploraciones de José Hurtado y Fermín López, lo que situaría la época de la travesía del Padre Castillo en uno de los años de 1781 ó 1782; más sea de esto lo que fuere, lo cierto es que por los años 1831 a 1832 visitaron por primera vez estas tierras, en lo que podemos llamar su periodo histórico, los citados señores Hurtado y López quienes hicieron aperturas sucesivas, en lo que nosotros llamamos Rastrojos, (y que hoy se conoce con el nombre de San Cancio;) en Italia, a inmediaciones de Santa Rosa, y en Nacaderos, cerca de Pereira.” (historicos, Centro de estudios, 2004, pág. 7)

El primer nombre que recibió Pueblo Rico fue el de “La Guacas”. Datos de diferentes historiadores afirman que este lugar, para los indígenas que habitaban en este sector, era sagrado, dado a que allí enterraban a sus muertos. De este sitio se divisan las cordilleras central y occidental y, por su altura, se divisa de manera esplendida el valle del río Cauca, el segundo principal afluente hídrico del país. (Figura 4).

“La primera obra de utilidad pública que emprendimos antes de la fundación de Manizales fue la construcción del camino que debía ponernos en comunicación con Neira, de cuya jurisdicción eran dependientes estos terrenos; dicho camino lo hicimos por La Linda bajando al río Guacaica, arriba del Guineo, y luego ascendiendo al punto de Pueblorrico o Las Guacas nombres uno y otro que tuvieron su origen debido a que allí encontraron los pobladores de Neira unas muy ricas guacas o sepulturas de indios.” (historicos, Centro de estudios; 2004)



Figura 4. Vista desde Pueblo Rico hacia Manizales y salida al Tolima (Fuente: Sánchez, Hoyos, Aguilera)

2. TIPOLOGIAS

En el poblado de Pueblo Rico encontramos las diferentes tipologías de viviendas que desde la colonización española se construían y que se fueron adaptando a las necesidades y a las características topográficas de los nuevos centros poblados que surgían en las cordilleras, estas tipologías están ampliamente estudiadas por los arquitectos Alberto Saldarriaga Roa y Lorenzo Fonseca Martínez, dentro de estos tenemos:

Tipología 1: Vivienda lineal sin corredores ni espacios, con un espacio central, con un espacio en esquina, con un espacio central y un corredor, con dos corredores en su lado más largo, con dos corredores uno en su costado y otro en su lado más largo, con tres corredores y con cuatro corredores.

Tipología 2: Vivienda en “L” sin corredores, con un corredor en uno de sus costados y con dos corredores en el interior. En Pueblo Rico se presenta el caso de una vivienda que posee tres corredores estando uno de ellos al frente de la vivienda y los otros dos en el interior, se presentan también el caso de casas con cuatro corredores.

Tipología 3: Vivienda en “C” o en “U”, sin corredores, con un corredor, con dos corredores y con tres corredores.

Tipología 4: Vivienda en “T”, sin corredores, con un corredor y con más de un corredor.

Para el análisis de las viviendas se hizo un estudio de los 79 predios localizados en el poblado, sin tener en cuenta el costado derecho de la vereda llamada “*el Limón*”, dado a que este surgió mucho después del proceso de colonización, sin embargo las técnicas empleadas son las mismas; se incluyó la Iglesia, el Centro de Salud y la Casa Cural. Es decir, con un total de 79 predios incluidos, 76 son de uso de vivienda. Se tuvo en cuenta su forma original, el número de corredores y si posee otros espacios. El resultado fue el siguiente:

Se encuentran tres tipologías: “Lineal”, en “L” y en “C”. La mayoría de las viviendas construidas poseen la tipología Lineal correspondiente a 65 predios, equivalente al 82.05%, seguidas por la forma en “L” con 11 viviendas, es decir el 14.10%, y finalmente con la tipología en “C”, 3 viviendas equivalente al 3,84% (Figura 5).

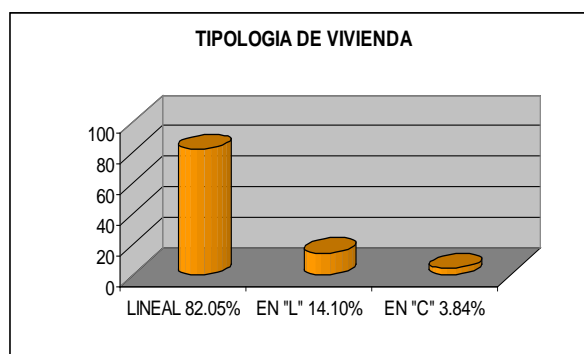


Figura 5. Tipologías de vivienda encontradas (Fuente: Sánchez, Hoyos, Aguilera)

Haciendo ya una clasificación con la disposición de los corredores y de las aberturas encontramos lo siguiente:

De las 65 viviendas con tipología Lineal, se encontraron con un solo corredor el 61,54% equivalente a 40 viviendas, sin corredores el 20% equivalente a 13 viviendas y con dos corredores el 18,46% equivalente a 12 viviendas.

De las 11 viviendas existentes con tipología en "L", presentan un solo corredor el 9,09%, esto equivale a 1 vivienda, con dos corredores el 18,18%, representado esto en 2 viviendas, con tres corredores el 18,18%, equivalente a 2 viviendas y con cuatro corredores el 54,54%, dando como total 6 viviendas.

De las 3 viviendas existentes con tipología en "C", presentan un solo corredor el 33,33%, esto equivale a 1 vivienda, con cuatro corredores el 66,66%, representado esto en 2 viviendas.

Viviendas con tipología en "T" o con patio central no se encontraron.

Con respecto a las viviendas estudiadas se concluye, que la forma predominante en Pueblo Rico es la lineal, con un corredor, seguida por la lineal sin corredores, algo que se puede comparar con el estudio hecho por Lorenzo Fonseca Martínez y Alberto Saldarriaga Roa, en donde se hace un muestreo de las tipologías de vivienda de municipios cafeteros en los departamentos de Caldas, Antioquia, Risaralda y Quindío, en donde al igual que en Pueblo Rico es marcado el predominio de la vivienda lineal con un corredor (Saldarria; Fonseca, 1984).

3. TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS

Las técnicas de construcción usadas en este centro poblado eran las que los colonos traían desde la ciudad de Medellín y las usadas en Antioquia, esta técnica empleada es el bahareque. Debemos recordar que, por investigaciones ya hechas, se conocen varios tipos de bahareques: el embutido o de tierra, madera, metálico y encementado (Muñoz, 2010).

Los tipos de bahareques más encontrados en Pueblo Rico, Municipio de Neira, es el bahareque embutido o en tierra. La fundación de este sector se dio entre los años 1841 y 1842 en este tiempo el cemento no era conocido y las construcciones se elaboraban con elementos de relleno naturales como el barro, la paja y/o en ocasiones el cagajón (excremento de los caballos, mulas o burros) elemento que en algunas oportunidades se le añadía sangre de buey y el afinado final se hacía con cal, elemento que ayudaba a proteger de los insectos.

La estructura estaba pensada en maderas finas trabajadas de manera rolliza (Laureles, Arboloco, Aguatillo, Barcino, Yolombo Rojo, Yolombo Blanco). En pocas ocasiones se

encuentra elementos aserrados o procesados, debido a la poca existencia de maquinaria para el procesado en esa época.

Estas técnicas de trabajo se obtuvieron de los mismos indígenas y en esta región aparece un elemento fundamental, el cual los indígenas lo usaban en sus chozas como es la guadua.

Gramínea de gran versatilidad para ser trabajada y que cortada en tiempo adecuado, da gran durabilidad, estas técnicas se retoman y se mejoran por parte de los colonizadores españoles y los blancos americanos, dando como resultado un sistema constructivo versátil, rápido, barato y amigable con el medio ambiente. (Figura 6)

En este poblado encontramos solo dos casas de dos pisos, construidas con la técnica antigua de Tapia pisada en el primer piso - muros de gran dimensión los cuales solo trabajaban por gravedad, pero que daban limitantes para la abertura de ventanas y puertas de acceso.

Sin embargo en la ciudad de Manizales, en sus comienzos, la técnica más usada fue la de la tapia pisada, con la diferencia que las alturas de las edificaciones alcanzaban en ocasiones hasta los 3 pisos.

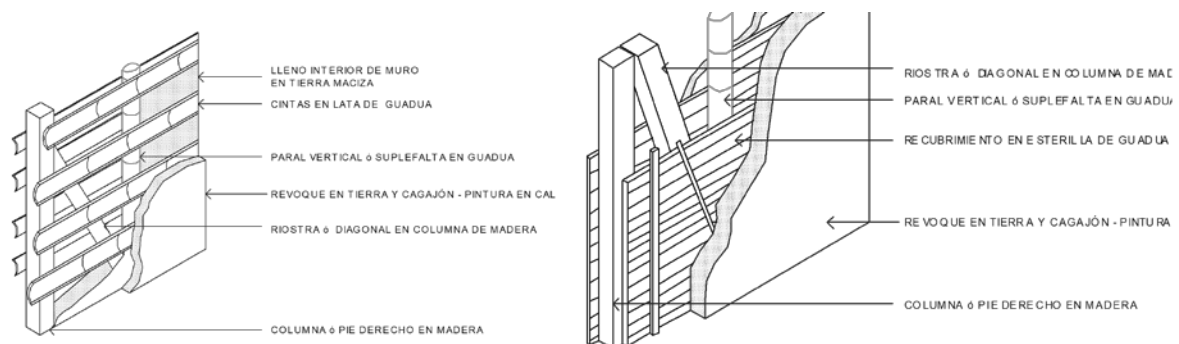


Figura 6. Bahareque en tierra macizo, Bahareque en tierra hueco (Fuente: José Fernando Muñoz Robledo)

Hacia los años 1870 a 1890 se presentó en esta región sismos de gran intensidad y se supone que de gran magnitud, pues para esta época no existían los medios y las ciencias avanzadas de la actualidad para tener registro matemático de la fuerza de ellos. Estos movimientos telúricos derribaron un sin número de edificaciones en la ciudad de Manizales, con el resultado de muchas pérdidas humanas y gran cantidad de heridos. Es de suponer que el colapso de estructuras de estas características es proporcional a un deslizamiento de una montaña, es así que buscaron técnicas nuevas, más livianas, más fáciles de trabajar y menos costosas, lleva esto a las técnicas empleadas y los ejemplos que existían en Pueblo Rico.

Estudiadas estas técnicas por parte de los maestros de obra, se aplicaron en la reconstrucción de muchos sectores de Manizales. Allí surge el estilo temblorero, combinación de tapia pisada en el primer piso y bahareque embutido en los segundos y terceros niveles, dando esto como resultado que, cuando se presentaba de nuevo terremotos, el daño de las estructuras era mucho menor y no se presentaba el colapso total, además era más fácil para los socorristas rescatar a los heridos de edificaciones de maderas y guadua y no de tierra que los sepultaba por completo (Figura 7).

“Desde los fuertes temblores de 1878 los manizaleños comprendieron que las casas de tapias resultaban más vulnerables a los movimientos telúricos mientras las de madera no sufrían daños de consideración, por lo cual aumento esta modalidad que ya se venía aconsejando también por las autoridades. Este estilo se denominó “temblorero” y tomo fuerzas a partir del terremoto de media noche el 5 de noviembre de 1884. La primera planta se hacía de tapia y de madera el segundo piso o de madera ambas plantas, utilizándose la guadua como elemento

Se encuentra también el uso de maderas aserradas (Laurel, Barcino, Arenillo, Arboloco, entre otras), en menor proporción, dado a que en la época que citamos, la existencia de herramientas era prácticamente nula. El aserrado de estas piezas se hacía con serruchos o sierras de mano, los cuales requerían de gran esfuerzo, mucho tiempo y de gran destreza para su correcta manipulación. Las maderas dispuestas de manera rolliza encontradas en las edificaciones de Pueblo Rico corresponden a maderas nobles como es el caso del Aguacatillo y del Arboloco - de gran resistencia a la humedad y que se petrifican con el tiempo, las cuales son consideradas como malezas.

Los módulos empleados para cerramientos eran rellenos o tapiados con barro combinado, como lo describimos anteriormente. La combinación de todos estos elementos permitían viviendas de gran elasticidad, con comportamientos adecuadas para esta región de gran sismicidad.

La disposición espacial es un sello en casi todas las viviendas. Según los estudios que se han hecho, se disponía de esta manera para que el diafragma completo trabajara como una sola unidad, además de su comportamiento al manejo de aguas y del ambiente al interior de cada habitación.

Con este trabajo se pretende mostrar otras formas de aplicación de técnicas constructivas con tierra, bien sea ella usada como elemento estructural en muros o como elemento de cerramiento, combinada con otros elementos orgánicos y naturales, demostrar que los sistemas empleados por los antepasados, aunque no tuviesen demostraciones matemáticas y científicas eran acertadas y ambientalmente sostenibles.

BIBLIOGRAFÍA

- Ceballos, Espinosa, G. (1991). *Manizales de ayer y de hoy*. Manizales, Caldas, Colombia: Blanecolor Ltda.
- Fabo, P. (1926). *Historia de la ciudad de Manzales* (Vol. 1). (M. C. Camargo, Ed.) Manizales, Caldas, Colombia: Tip Blanco y Negro.
- Historicos, Centro de estudios;. (2004). *Archivo Historial* (Primera ed., Vol. I). (A. C. Historia, Ed.) Manizales, Caldas, Colombia: Artes gráficas tizán Ltda.
- Morales Arias, A. (1992). *De la historia de Neira* (1 ed.). Manizales, Caldas, Colombia: Imprenta departamental.
- Muñoz, Robledo, J. F. (2010). *Tipificación de los sistemas Constructivos patrimoniales de "Bahareque" en el paisaje cultural cafetero de Colombia*. (1 ed.). (F. d. Arquitectura, Ed.) Manizales, Caldas, Colombia: Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales.
- Ortiz Meza, L. J.; Almarío García, O. (2007). *Caldas: Una región nueva, moderna y nacional*. Medellín, Antioquia, Colombia: Universidad Nacional de Colombia sede Medellín.

Saldarria, Roa, A.; Fonseca, Martínez, L. (1984). *La arquitectura de la vivienda rural en Colombia, minifundio cafetero en Antioquia, Caldas, Quindio y Risaralda*. (Vol. 2). (C. A. Federación Nacional de Cafeteros, Ed.) Bogotá D.C., Cundinamarca, Colombia: Litocenco Ltda. Cali.

AUTOR

José Robert Sánchez Osorio, Arquitecto Universidad Nacional de Colombia sede Manizales graduado en 1995, Docente del programa de Arquitectura de la Universidad Católica de Manizales desde 2001, Director del programa durante 5 años, en la actualidad, coordinador de prácticas para estudiantes de último semestre durante dos años, se desempeña como docente en las áreas de Taller de Diseño IV, Construcciones y desarrolla procesos de investigación desde el año 2009.



O SOBRADO DO CARTÓRIO. A TÉCNICA CONSTRUTIVA, O ESTADO DE CONSERVAÇÃO E POSSÍVEIS AÇÕES PARA SUA SOBREVIVÊNCIA

Peixoto, Maria Virgínia Simão¹; Rezende, Marco Antônio Penido²

(1) Professora voluntária – Departamento de tecnologia - TAU, Escola de Arquitetura, UFMG, Rua Paraíba 697, (31) 91066976, ninnaspeixoto@yahoo.com.br

(2) Professor titular – Departamento de tecnologia - TAU, Escola de Arquitetura, UFMG, Rua Paraíba 697, (31) 34098823, marco.penido.rezende@hotmail.com

Palavras-chave: arquitetura de terra, patologias, restauração.

Resumo

Nos primeiros séculos da colonização brasileira, a arquitetura de terra foi, amplamente, utilizada nas edificações das vilas e povoados. Até o séc. XIX, a arquitetura de terra foi, amplamente, utilizada nas edificações, das vilas e povoados brasileiros. Uma boa parte delas foram sendo desenvolvidas e consolidadas em função da exploração aurífera. Como resultado, deste processo de ocupação, elas guardam um rico acervo desta tipologia construtiva. Embora estes edifícios apresentem soluções arquitetônicas, que visam dar maior proteção, a estas estruturas, este patrimônio, apresenta grande fragilidade em relação aos fatores naturais, e da ação humana. O Sobrado do cartório, objeto de estudo deste trabalho, localizado em Cocais, exibe estrutura autônoma de madeira e paredes em terra, (pau-a-pique), configurando-se, como uma típica construção luso-brasileira e de grande valor histórico, por ser o único exemplar de sobrado remanescente nesta localidade. Ao longo de sua existência, abrigou os usos comercial e residencial. Como consequência, acumulou, ao longo do tempo, também valores estéticos e de uso. Os objetivos deste trabalho são os de analisar como se deu o processo de degradação desta construção, fazendo um paralelo entre seu estado de conservação no ano 2006 e como este processo evoluiu até o ano 2010 e apresentar possíveis soluções para as patologias presentes na construção. A metodologia usada para a elaboração deste trabalho foi análise dos levantamentos físico-cadastrais e fotográficos e mapas de patologias identificadas na estrutura, realizados nas diferentes datas citadas. Pôde-se verificar que os principais fatores de degradação foram: intempéries, em especial a umidade, conservação inadequada e falta de uso. Com isso, puderam ser propostas ações para restaurar e conservar a edificação, e também diretrizes para os novos usos, que a edificação necessita receber, não apenas para garantir a conservação adequada da estrutura, mas também para que ela possa continuar a ser usufruída por esta e pelas próximas gerações, assegurando, assim, a sobrevivência de uma pequena parte da história do povoado de Cocais.

1. INTRODUÇÃO

Ao longo do período da colonização brasileira, a arquitetura de terra foi introduzida no país, principalmente pelos portugueses. Também recebeu influencia dos africanos. Esta tecnologia construtiva foi aplicada na maioria das construções, das nossas vilas e povoados que foram surgindo nesse período. O estado de Minas Gerais exibe um rico acervo em arquitetura de terra, resultado do processo de povoamento, especialmente durante o período conhecido como ciclo do ouro, no Brasil colônia.

Neste contexto urbano colonial, caracterizado pelo desenvolvimento das vilas do ouro, a casa, além de desempenhar a função básica de abrigo, traz consigo outros valores que traduzem o estilo de vida dessa sociedade e são, agora, construídas para servirem de moradias de caráter definitivo para as famílias (Vasconcellos, 1977). O modelo tipológico seguido é o da casa portuguesa que, obviamente, sofre algumas adaptações impostas pelo novo ambiente no qual se inserem. As características naturais (topografia, clima, vegetação e materiais de construção que a região oferecia) associadas às características

antropológicas (mão de obra precária) inerentes a este contexto ambiental, constituem os principais fatores responsáveis pelas adequações necessárias para a construção dessas edificações.

Neste contexto, está inserido o sobrado do cartório, uma construção que vem sofrendo um longo e crescente processo de degradação. Dentre os principais fatores podemos citar: umidade, ação eólica, dilatação térmica, biodegradação e manutenção inadequada.

O objetivo desse estudo é fazer uma abordagem específica, à técnica construtiva em terra e a soluções de patologias que ocorrem nessa tipologia construtiva. A análise desenvolvida foi restringida apenas às questões tecnológicas relacionadas ao patrimônio, deixando para outra oportunidade a avaliação de valor histórico cultural, e as possibilidades de novo uso que preserve e mantenha o bem.

2. HISTÓRICO

A obra analisada neste estudo, situa-se no Distrito de Cocais, antiga Vila de Cocais, fundada em 1703 pelos bandeirantes e irmãos Antônio e João Leite Furtado, (Marques, 2000) a partir da construção da capela de Sant'Ana e da sua ladeira de acesso, dando origem, assim, ao Largo de Sant'Ana. Posteriormente, com o desenvolvimento da vila, o sobrado foi edificado na parte mais alta do largo. Não há registros do ano da sua construção, estima-se que tenha ocorrido entre final do século XVIII e princípio do século XIX. (Bittencourt, 2007). Trata-se do último sobrado remanescente da arquitetura tradicional luso-brasileira, nesta vila, sendo essa uma construção em madeira e terra.

O sobrado foi habitado até o final do ano de 2004. Ainda em 2005, continuava a receber uso bem restrito e era cuidado pelos antigos moradores, naquela época ainda era propriedade da família Prandini. No ano de 2008 foi negociado pela Prefeitura de Barão de Cocais, permanecendo ainda sem uso, quando, então foram iniciados os trabalhos de salvaguarda e restauro da edificação.

3. ASPECTOS TIPOLÓGICOS CONSTRUTIVOS

3.1 Implantação

O sobrado foi construído afastado do alinhamento do passeio, propiciando a existência de jardim frontal. Diferentemente do casario do período colonial, presente no largo, esta edificação apresenta afastamentos laterais, funcionando como corredores secundários, usados para acessar o quintal, areal localizada no fundo do lote. Estas características em sua implantação podem ser justificadas pelo fato da construção ter sido realizada já no final do período colonial, em uma vila pequena, sem ocupação urbana densa e por se tratar de uma edificação de maior imponência, em relação ao casario do entorno.

3.2 Cobertura

A cobertura da edificação era de quatro águas, com estrutura em madeira braúna, lavrada. Os caibros foram feitos em paus roliços e as ripas de varas. As telhas usadas eram as coloniais de barro, tipo capa e bica.

3.3 Sistema estrutural

A edificação, assobradada, demonstra partido retangular. Exibe estrutura autônoma de madeira, denominada "gaiola". É composta por esteios (pilares), baldrames (vigas da base), frechais (vigas superiores) e as madres (vigas intermediárias). É constituída por peças de madeira (braúna) lavrada, possuindo seção quadrada. Esse arcabouço é erguido a partir da fundação em bulbo (típica da gaiola) e os baldrames são apoiados em alvenaria de pedra e argamassa de barro. Na fachada principal, os esteios se mostram aparentes, já madre e o frechal, são cobertos por argamassa a base de areia e cal. Não há a utilização do baldrame

típico da estrutura em questão, sendo ele substituído pelo alicerce em pedra. Nas demais fachadas encontram-se a mostra todas as peças que compõem a estrutura, constatando-se, inclusive, a existência do baldrame (Figuras. 3 e 4 do item 4).

3.4 Vedações, revestimentos e acabamentos

As paredes foram feitas em pau-a-pique, sendo revestidas com argamassa em terra e cal sendo as externas com acabamento em pintura na cor palha. Ao longo do tempo, algumas porções, especialmente áreas de peitoris das janelas foram, gradativamente, sendo substituídas por tijolos de adobe e cerâmicos. Algumas vedações, que cederam em períodos anteriores a 2006 e outras que precisaram ser adaptadas para receber tubulação de água (banheiro e área de serviços) foram refeitas em tijolos cerâmicos. Em nenhuma das paredes ainda em terra observa-se a existência da cruz de Santo André, muito utilizada no travessamento da estrutura em madeira.

As paredes internas de vedação são ainda todas em pau-a-pique, revestidas em argamassa de terra e cal. Em algumas observa-se acabamento em pintura com tinta à base látex e outras ainda mantêm a simples caiação.

3.5 Pisos e forros

No andar térreo parte do piso era de terra batida, sendo, posteriormente, recoberto por piso de cimento. Nos cômodos da frente, verifica-se o piso tabuado, já em avançado estado de deterioração. Alguns desses possuem forros em esteira de taquara, como os destinados ao cartório, enquanto em outros, o barroteamento do piso do pavimento superior é encontrado aparente.

A escada em madeira se desenvolve em três lances e um patamar intermediário. De acordo com o primeiro levantamento, realizado em 2006, havia uma esquadria de tremido (elemento em madeira trabalhada e vazado, que permite a entrada de luz) na área do patamar captando, indiretamente, iluminação e ventilação para essa área, a partir de um dos cômodos da edificação. Esse trabalho foi perdido devido ao fato desta parede ter caído, durante o período chuvoso de 2008, restando apenas seu registro fotográfico.

No segundo pavimento, encontra-se o assoalho de madeira. As tábuas foram fixadas aos barrotes apoiados nas madres. Na maioria dos cômodos, a espécie utilizada, no tabuado é a peroba rosa, mas, em alguns ambientes do andar superior, é empregada a madeira sucupira. O encaixe das peças é do tipo junta seca, fixadas, aos barrotes, a partir do uso de cravos. Também neste pavimento, as ombreiras e vergas de todas as portas foram elaboradas em peças de madeira lavrada, com fechamento em folhas cegas de madeira. Na maioria dos ambientes são encontrados os tradicionais forros de esteiras de taquara. Nos mais antigos, observa-se o uso da pintura da tabatinga e nos mais novos a taquara lisa aparente.

3.6 Vãos (portas e janelas)

Os vãos da construção são em madeira. As portas e janelas, da fachada frontal apresentam verga em arco abatido no formato de canga de boi. No térreo são vedadas por duas folhas cegas tipo calha. No superior, as janelas possuem internamente, vedação em folhas cegas tipo calha, e, externamente, guilhotina em caixilho de madeira, podendo esta ser uma adição posterior. Nas demais fachadas, todas as janelas e portas exibem vergas retas e folhas cegas tipo calha. As ombreiras e vergas de todas as portas de ligação interna foram feitas em peças de madeira lavrada e algumas apresentam fechamento em folhas cegas de madeira.

4. EVOLUÇÃO DO PROCESSO DE DEGRADAÇÃO DO SOBRADO

O sobrado apresenta estado de conservação bastante precário. A falta de manutenção adequada e periódica, a ausência de uso e as intempéries configuram como fatores contributivos para o desenvolvimento de rápido processo de deterioração da edificação.

De acordo com o levantamento realizado em 2006, o sobrado já demonstrava considerável estado de degradação. Naquela época, ele ainda recebia alguma manutenção, fato que contribuía, um pouco, para a sua conservação.

Em 2008, tendo ficado bastante tempo sem qualquer tipo de uso, sem cuidados específicos, e exposto a intempéries, o processo de degradação da construção acelerou assustadoramente. Conforme o levantamento feito em 2010, o sobrado já estava praticamente todo comprometido, podendo ser observada a ocorrência de diversos tipos de patologias, desde estruturais até em elementos artísticos, conforme indicado na tabela 1.

4.1 Comparativo do estado de conservação do sobrado nos anos de 2006 e 2010

A tabela 1 mostra a evolução do processo de degradação do Sobrado do Cartório, de acordo com os diagnósticos realizados “in loco”, o primeiro em 2006 e o segundo em 2010 pela autora.

Tabela 1. Comparativo do estado de conservação do sobrado nos anos de 2006 e 2010¹

Elementos da construção	Estado de Conservação em 2006	Estado de Conservação em 2010
Cobertura	Péssima, grandes áreas comprometidas.	Perda total
Fundação – alicerces e falsos alicerces	Ruim, apresentando desnivelamentos consideráveis.	Muito comprometida, apresentando aumento dos desnivelamentos em diversos pontos.
Estrutura	Mediana, apresentando ressecamentos, apodrecimentos e deformações.	Comprometida, apresentando ressecamentos, apodrecimentos, quebras e deformações de elementos. Bases dos esteios totalmente deterioradas.
Vedações	Mediana, apresentando envelhecimento e algumas áreas do substrato expostas.	Ruim, aumento relevante das áreas de substrato expostas e perda parcial e/ou total de algumas paredes
Revestimento	Ruim, com perda parcial de rebocos nas paredes internas e externas.	Praticamente todo comprometido, perda de aproximadamente 80%.
Acabamento	Ruim, com perda parcial da pintura nas paredes internas e externas. Presença de pintura a base de látex.	Praticamente toda comprometida. Ocorrência de manchas, umidade, descolamento de películas da pintura látex.
Pisos e escada	Mediana, com tábuas apresentando ressecamentos e abaulamentos.	Ruim, tábuas ressecadas e com perdas parciais em alguns ambientes e totais em outros.
Forros	Ruim, com presença de manchas de umidade, mofo e perdas parciais.	Perda total
Vãos (portas e janelas)	Mediana, com peças de madeira apresentando ressecamentos.	Ruim, com peças de madeira apresentando ressecamentos e quebras. Perda total de algumas janelas e uma das portas.

As figuras 1, 2, 3 e 4 apresentam os desenhos comparativos das plantas e das fachadas nos anos de 2006/7 e 2010/11.

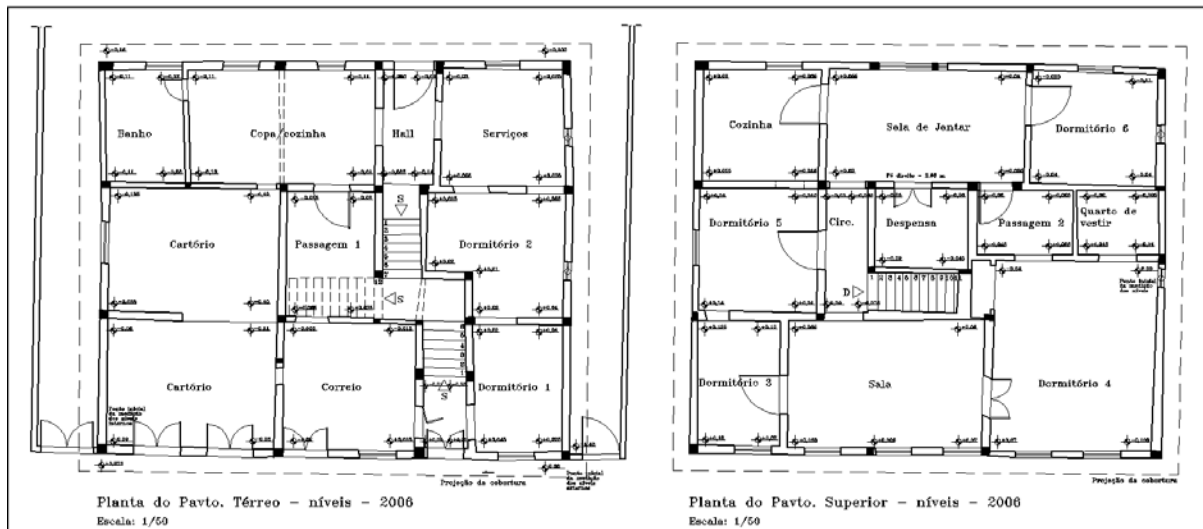


Figura 1 – Levantamento da planta e do nivelamento do Sobrado do Cartório, realizado em 2006/7 (Fonte: Peixoto, 2007)

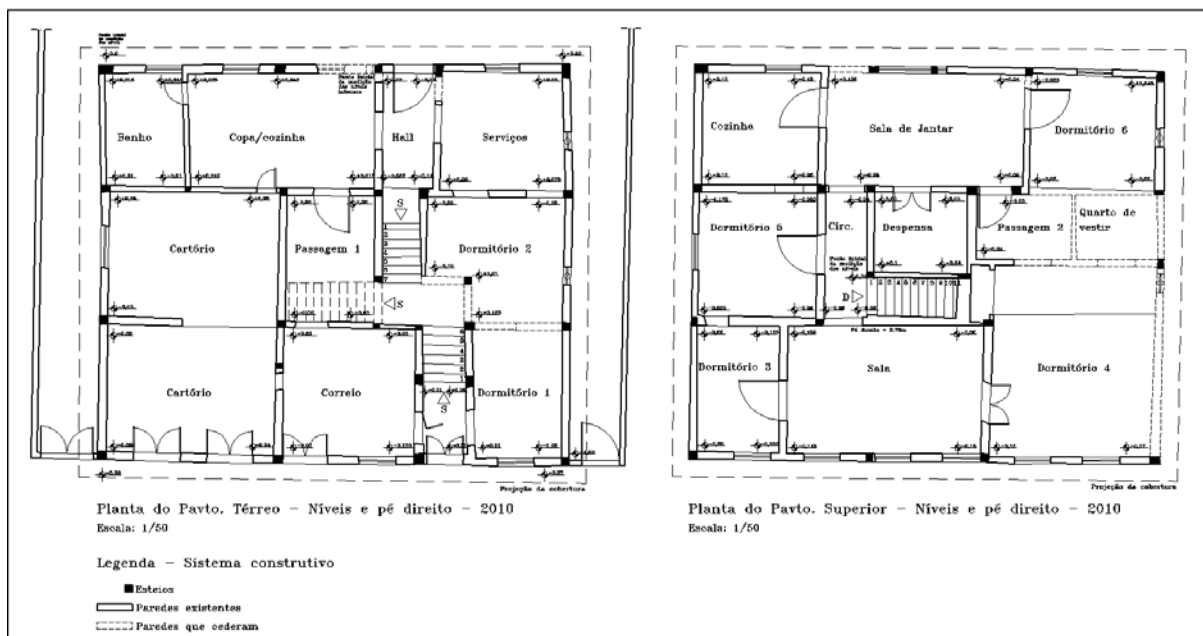


Figura 2 – Levantamento da planta e do nivelamento do Sobrado do Cartório, realizado em 2010/11 (Fonte: Peixoto, 2011)

Ao analisar as plantas geradas a partir dos levantamentos verifica-se um rápido avanço do estado de deterioração do sobrado. O período chuvoso do ano de 2008 contribuiu para a queda da cobertura, que já apresentava problemas graves em sua estrutura e, conseqüentemente, a desestabilização e deterioração das peças da estrutura, o desmoronamento de paredes externas e internas do casarão, perda parcial dos pisos e total dos forros, comprometimento dos revestimentos das paredes e de sua pintura. Mas a principal perda decorrente deste evento natural foi o tremido da escada, importante elemento artístico que compunha o ambiente do patamar de acesso ao segundo pavimento. Da cobertura, praticamente nada restou, apenas algumas telhas de barro que foram guardadas no quintal.

Conclui-se, portanto que a falta de uso e manutenção, associada a fenômenos naturais foram os fatores decisivos para o agravamento da situação do Sobrado do Cartório.

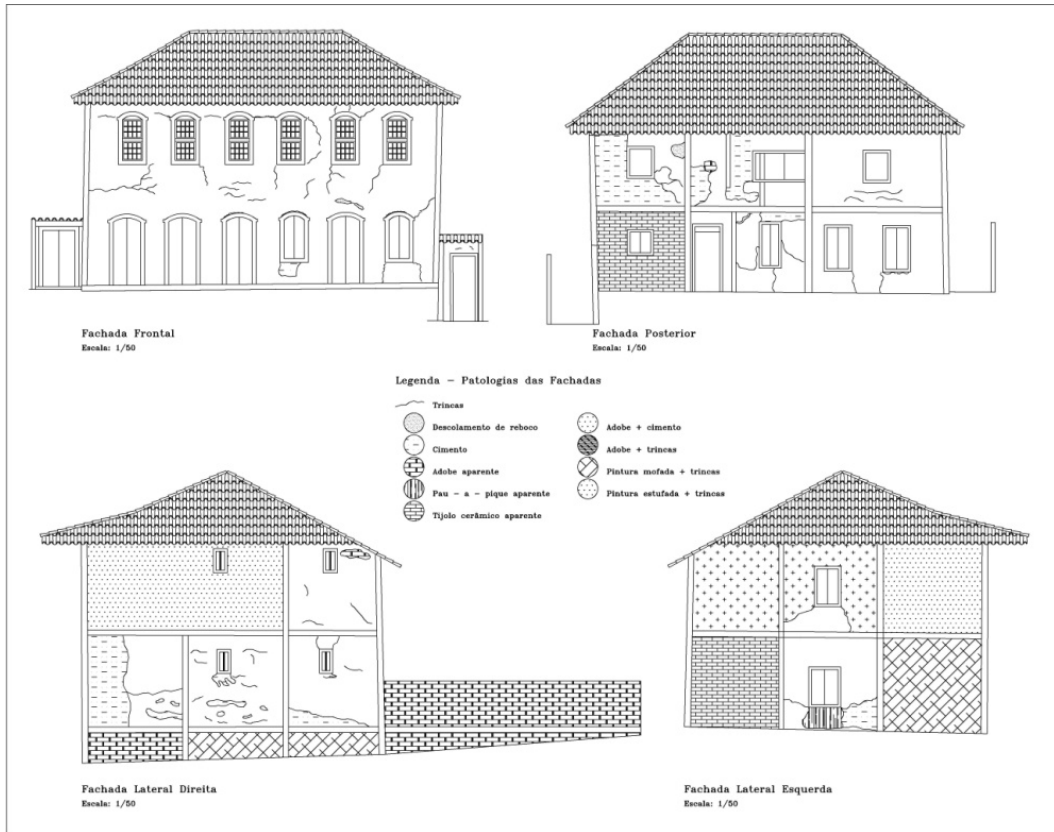


Figura 3 – Levantamento das fachadas, realizado em 2006/7 do Sobrado do Cartório. (Fonte: Peixoto, 2007)

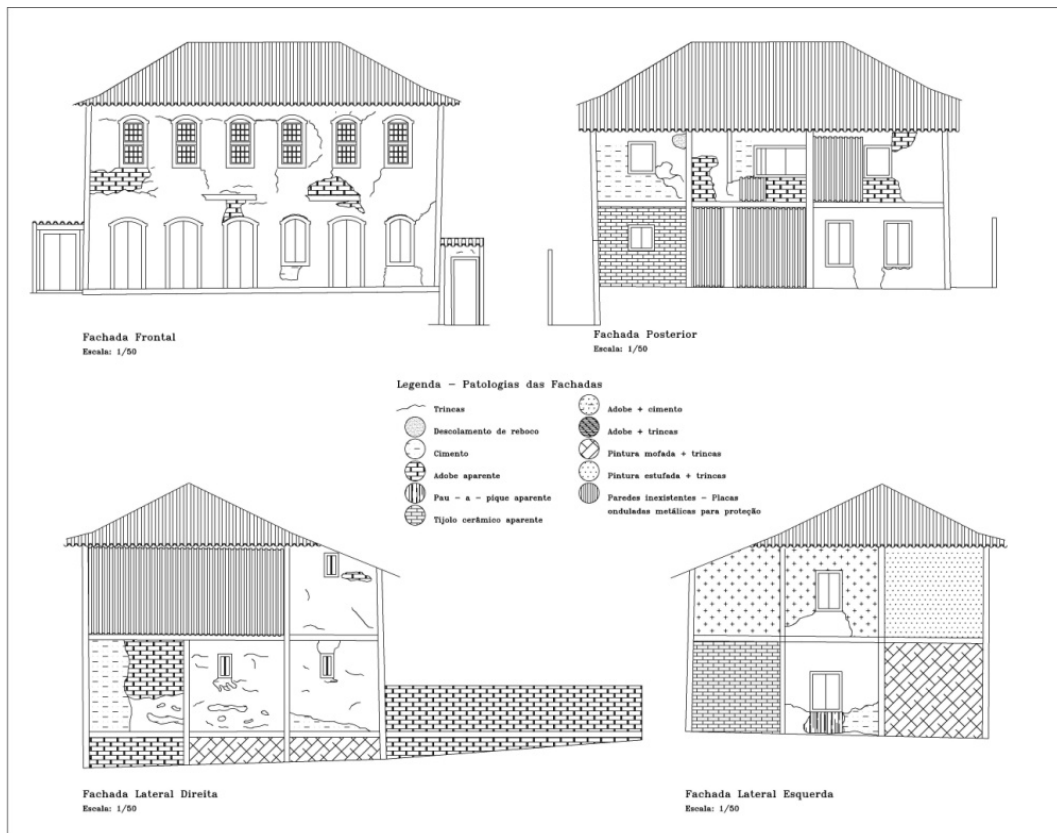


Figura 4 – Levantamento das fachadas, realizado em 2010/11 do Sobrado do Cartório. (Fonte: Peixoto, 2011)



Figura 5 – Comparativo das fachadas principal e posterior do Sobrado do Cartório (2007 – 2011).
(Fonte: Peixoto, 2007; Peixoto, 2011)

5. PROPOSTAS DE AÇÕES PARA O RESTAURO DO SOBRADO

Buscando a salvaguarda da edificação, torna-se necessário a sua restauração.

O escoramento da estrutura já foi realizado e alguns projetos de restauro foram elaborados por diferentes equipes de profissionais.

5.1 Possíveis soluções para as patologias mapeadas nos levantamentos:

As soluções adotadas foram, em sua maioria, baseadas nas recomendações do IPHAN, descritas nos manuais do órgão citado e do Programa Monumenta, por serem consideradas importantes referências para auxílio na elaboração de propostas para a solução de patologias no patrimônio nacional.

5.1.1 Cobertura: Refazer toda a estrutura, utilizando madeira de espécies adequadas. Se possível, manter o mesmo tipo de solução estrutural utilizada na época, visando sua adequação à estrutura do sobrado. Imunizar toda a madeira a ser utilizada. Aproveitar as telhas originais restantes, realizando a sua limpeza e concentrando-as na água principal ou em uma água menor. Recompôr a área restante do telhado, utilizando telhas cerâmicas com características de forma e cor semelhantes às originais (Monumenta, 2000).

5.1.2 Fundação – alicerces e falsos alicerces: Reforçar a fundação usando mesmo material (pedra + argamassa de barro e cal) e, seguindo o manual de conservação preventiva para edificações do IPHAN (2000), solucionar o problema da umidade excessiva, utilizando a técnica da vala periférica sem enchimento, que propiciará a diminuição do contato da fundação com o solo em suas laterais. Trata-se da abertura de uma vala, ao longo da construção, a partir da retirada do solo em contato com essa alvenaria e a colocação de uma parede de concreto portante, ao longo de toda a extensão, na lateral oposta, para conter o terreno. Essa vala é dotada de um sistema de drenagem dotado de calhas com caimento em toda a sua extensão, evitando, assim a permanência da água nesse local. É importante, também, proteger a alvenaria de pedra e barro contra exposição a intempéries aplicando argamassa de cal nas laterais, que ficarão expostas. Colocar, também, na parte superior da vala, no nível do terreno, grelhas metálicas de ventilação, ao longo da sua extensão, permitindo, assim, a evaporação da umidade provocada pela água presente no solo e a provinda da chuva. No caso das fundações em madeira (bulbos), de acordo com a tecnologia construtiva do sobrado, o ideal seria a manutenção das características originais, o que implicaria na substituição dos bulbos (já extremamente deteriorados) por novos, também em madeira. No entanto, na impossibilidade de obtenção de madeira de mesma espécie, na dificuldade de realizar inspeções periódicas, nesses elementos, uma vez que estarão enterrados e, por se tratar de uma região muito úmida, eles deverão ser substituídos por sapatas em concreto. Não é a solução ideal, mas propicia maior proteção da edificação com relação à umidade proveniente do solo e apresenta maior durabilidade que a madeira.

5.1.3 Estrutura: Avaliar características físicas e mecânicas de todas as peças, e substituir as partes degradadas, especialmente as bases dos esteios. Novamente seguindo as recomendações do manual de conservação preventiva para edificações do IPHAN (2000), fazer sua reintegração com peças em madeira que apresentem características semelhantes às originais (de preferência e se possível, a mesma madeira), previamente calculadas, por

serem de grande responsabilidade estrutural, para definir a dimensão correta bitolas das chapas, perfis de ferro galvanizado e parafusos a serem utilizados nas emendas. Esses elementos das emendas deverão receber, tratamento anticorrosivo para evitar oxidações. Apenas em casos extremos proceder à substituição de peças inteiras. Toda madeira nova a ser colocada deverá ser previamente imunizada e estar bem seca (IPHAN, 2000)

5.1.4 Vedações: Realizar a recomposição das paredes buscando preservar as características originais das mesmas, portanto, empregando a técnica do pau-a-pique. Remover as áreas danificadas e as refeitas com uso de tijolo furado. Recompôr as mesmas com o tipo de vedação original, já citada. No uso de novas peças de madeira e ou na necessidade de substituição das peças do engradamento de madeira ainda existente, atentar para a espécie a ser utilizada, optando, se possível, pela mesma anteriormente empregada. Usar madeira previamente seca e imunizada (IPHAN, 2000). Recompôr o barro, com solo que apresente características (granulométricas) mais próximas possível do originalmente usado, sendo estas obtidas a partir de exames de laboratoriais.

5.1.5 Revestimento: Retirar amostras do material, a partir de prospecções e encaminhar para análises laboratoriais do material. De acordo com o manual de conservação preventiva para edificações do IPHAN (2000), e Kanan (2008) no manual de conservação e intervenção em argamassas e revestimentos à base de cal, limpar toda a superfície, removendo o restante do material degradado e/ou descolado do substrato. Limpar com brocha ou escova todas as superfícies expostas às áreas que receberão emboço e reboco novos, deixando-as livre de poeiras. Umidecer as áreas de aplicação com vaporizador ou brocha. Aplicar a argamassa aos poucos, preenchendo as áreas faltantes. Usar traço semelhante à original, mantendo a mesma espessura e característica estética da antiga (IPHAN, 2000; Kanan, 2008).

5.1.6 Acabamento: Após refazer o revestimento, limpar mais uma vez a superfície, com uso de escovas, buscando remover poeiras e sujeira. Molhar a superfície usando, de preferência um pulverizador, evitando a rápida secagem e o aparecimento de fissuras. . Aplicar pintura a base de cal (caiação) e/ou cal mais pigmentos, no caso de opção por cores. A primeira demão dever ser mais diluída que as subseqüentes e aplicada no sentido transversal à parede, evitando seu escorrimento. Sempre inverter o sentido de aplicação das camadas posteriores. (IPHAN, 2000; Kanan, 2008).

5.1.7 Pisos e escada: Avaliar características físicas e mecânicas das peças. Substituir as partes degradadas dos barrotes, reintegrando-as com peças em madeira de características semelhantes às originais. Fazer as emendas com uso de tarugos e colas, chapas ou perfis de ferro galvanizado, parafusos, com tratamento anticorrosivo. Apenas em casos extremos proceder à substituição de peças inteiras. Recompôr o piso tabuado faltante a partir do emprego de próteses da mesma espécie. As tábuas com baixo a médio grau de deterioração, deverão ser tratadas e reaproveitadas. Toda madeira nova a ser usada deverá ser previamente imunizada e estar bem seca. Encerar o tabuado (Monumenta, 2000). O piso cimentício do térreo deverá ser totalmente substituído por tijolo de barro cozido.

5.1.8 Forros: Após o reparo total da cobertura, refazer as esteiras de taquara. A aplicação da cal, buscando efeito estético diferenciado (cor branca) é opcional.

5.1.9 Vãos (portas e janelas): Recuperar os vãos. Desempenar as peças das folhas, Pequenas lascas, fissuras devem ser recompostas a partir da aplicação de massa feita com cola e pó de serra fino, seguindo o tom da madeira original. Substituir as tábuas que demonstrarem elevado grau de deterioração, por novas com mesmas dimensões e da mesma espécie. Substituir os vãos, feitos posteriormente, que não atendem ao mesmo padrão estético dos demais e refazer os que ruíram junto com as paredes, de acordo com características estéticas originais. Realizar a imunização da madeira. Proceder à pintura (Monumenta, 2000).

6. DIRETRIZES DE CONSERVAÇÃO

Uma vez realizadas as intervenções citadas, é fundamental uma manutenção adequada da construção. Esta manutenção deve obrigatoriamente incluir:

- Limpeza do telhado, trimestralmente e, sobretudo nos meses agosto/setembro (antes do início das chuvas)
- Verificar, mensalmente, se não há telhas “escorridas” ou quebradas e, sobretudo, nos meses agosto setembro
- Remoção de vegetação das fachadas e coberturas;
- Preservação dos esquemas de ventilação e iluminação natural dos compartimentos da edificação (Departamento Geral de Patrimônio Cultural, 1991);
- Acompanhamento constante do comportamento dos acabamentos (revestimentos em geral); alvenarias (paredes em geral); estruturas e fundação (Departamento Geral de Patrimônio Cultural, 1991);.
- Acompanhamento do estado da pintura, e re-pintura sempre que necessário
- Verificação da presença de agentes de deterioração biológica nas estruturas, elementos construtivos de acabamento (forros, pisos, cimalthas etc.) e esquadrias de madeira. Em caso positivo, tomar providências imediatas para interromper o processo
- Verificação do comportamento das estruturas.
- Avaliação das instalações hidráulicas, elétricas e de gás;
- Avaliação dos sistemas de prevenção a incêndios e sistemas de segurança;
- Evitar qualquer acúmulo de água no passeio/rua.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sobrado apresenta grande valor histórico, estético, artístico e de uso. Apesar de exibir soluções arquitetônicas que visavam a proteção da edificação, há materiais que apresentam grande fragilidade frente à passagem do tempo, e em especial, às intempéries. A recomposição de sua cobertura é um aspecto urgente para a sua conservação. A partir da comparação dos dados produzidos pelos levantamentos realizados nos anos de 2006 e de 2010, pode-se verificar que o fator falta de uso, contribuiu intensamente para a aceleração do processo de degradação. Pode-se afirmar que a falta de uso é o principal fator de degradação, que conduziu, ao quase colapso, da estrutura do casarão.

Portanto é importante frisar que a conservação e manutenção adequadas e periódicas são muito importantes para manter erguida, qualquer construção, especialmente as edificadas em sistema construtivo de terra. Mas o fator fundamental para salvaguarda deste patrimônio é a continuidade de uso compatível com as técnicas construtivas e materiais utilizados, pois somente assim, estas construções recebem cuidados diários e as ações de manutenção descritas anteriormente, podem ser devidamente executadas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bittencourt, Ivoni Prandini. *História de Cocais – O Sobrado do Cartório*. Cocais, 2007. 1p.

Brasil. Ministério da Cultura; IPHAN – Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional; (2000). Manual de conservação preventiva para edificações. Brasília: Ministério da Cultura, Instituto do Programa Monumenta, 236p.

Brasil. Ministério da Cultura; IPHAN/MONUMENTA (2000). *Manual prático conservação de telhados*. Brasília: Ministério da Cultura, Instituto do Programa Monumenta, 243p.

Kanan, Maria Isabel (2008). *Manual de conservação e intervenção em argamassas e revestimentos a base de cal*. Brasília: Iphan/Programa Monumenta, 172p

Marques, Leonel (2000). Recordando a História. O Sobrado do Cartório. Disponível em: [HTTP://www.pousadadascores.com.br/arraial/historia/recordando_historia.htm](http://www.pousadadascores.com.br/arraial/historia/recordando_historia.htm). Acesso em 30/08/2010

Vasconcellos, Sylvio de (1977). *Vila Rica: Formação e desenvolvimento – residências*. Ed. Perspectiva.

Peixoto, Maria Virgínia Simão (2007). *Projeto de Restauração. O Sobrado do Cartório – Cocais – MG*. 2007. 98fls. Monografia (Especialização em Revitalização Urbana e Arquitetônica) – Escola de Arquitetura, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

Peixoto, Maria Virgínia Simão (2011). *Memorial descritivo do projeto executivo de Restauração. do Sobrado do Cartório*. Belo Horizonte. 128p:il.

Rio de Janeiro, Prefeitura Municipal do (1991). *Manual de Obras em Edificações Preservadas*. Secretaria Municipal da Cultura, Turismo e Esportes, Departamento Geral de Patrimônio Cultural.

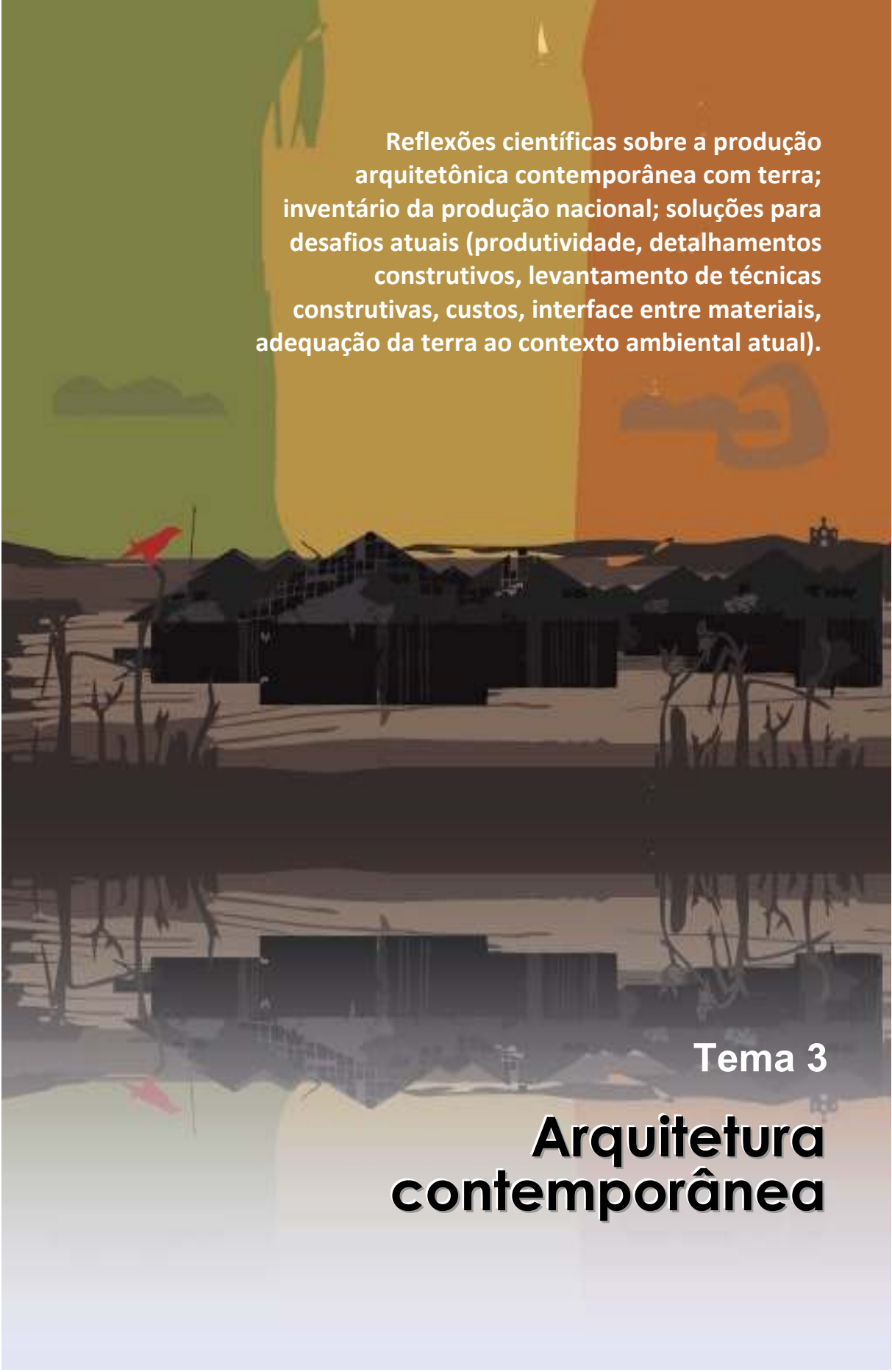
NOTAS

- (1) As informações da tabela 1 foram obtidas a partir de dois levantamentos realizados em diferentes épocas, pela própria autora. O primeiro foi realizado nos anos de 2006/2007 e o segundo em 2010/2011.

AUTORES

Maria Virgínia Simão Peixoto. Arquiteta Urbanista (PUC-MG, 2000) Especialista em Revitalização Urbana e Arquitetônica pela Escola de Arquitetura (UFMG, 2007). Mestre em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável pela Escola de Arquitetura (UFMG, 2011). Professora voluntária Depto. de Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo da EA-UFMG.

Marco Antônio Penido de Rezende, Arquiteto (UFMG, 1987); Mestre em Arquitetura e Urbanismo (UFMG, 1998); Doutor em Construção Civil (POLI-USP, 2003). Pós-doutorado em Preservação História (Universidade de Oregon, EUA, 2010). Professor Associado do Depto. de Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo da EA-UFMG. Pesquisa, extensão, ensino e publicações na área de Arquitetura de Terra, Técnicas Restrospectivas, e Técnicas históricas, vernáculas e sustentáveis.



Reflexões científicas sobre a produção
arquitetônica contemporânea com terra;
inventário da produção nacional; soluções para
desafios atuais (produtividade, detalhamentos
construtivos, levantamento de técnicas
construtivas, custos, interface entre materiais,
adequação da terra ao contexto ambiental atual).

Tema 3

Arquitetura contemporânea



SISTEMAS CONSTRUTIVOS EM TERRA: PANORAMA BRASILEIRO E SUAS REFERÊNCIAS TÉCNICAS HISTÓRICAS

Nito, Mariana Kimie¹; Amorim, Anália M. M. C.²

- (1) Aluna pesquisadora – Núcleo de Pesquisa- Associação Escola da Cidade- AEC – SP, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Rua General Jardim-n 65- Vila Buarque, (11) 3258-8108, marykn@gmail.com
(2) Orientadora - Associação Escola da Cidade- AEC – SP, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Rua General Jardim-n 65- Vila Buarque, (11) 3258-8108, aamorim2000@dialdata.com.br

Palavras-chave: tipologia, técnica, contemporânea, brasileira, obras construídas.

Resumo

O artigo analisa o potencial tipológico dos sistemas construtivos em terra crua. O estudo também analisou o desenvolvimento tecnológico dos sistemas construtivos e as condições em que se localizam. Este foi realizado através de exemplares representativos brasileiros. As obras encontradas foram avaliadas a partir da técnica utilizada, visando sua inserção numa possível classificação tipológica e o contexto em que se inserem. Atualmente, a escolha do sistema construtivo é associada muito mais ao clima pela capacidade térmica do material do que por sua função estrutural. Nesta análise também foi possível observar a qualidade espacial gerada pela técnica quando bem utilizada. Além disso, a terra crua, por ser um material construtivo tátil, promove trabalhos participativos aproximando o saber técnico da população em geral.

1. APRESENTAÇÃO

Este artigo foi redigido com base em pesquisa de iniciação científica em andamento. Portanto, se trata de uma prévia do resultado final. A pesquisa em desenvolvimento, de título *Sistemas Construtivos em Terra Crua: Panorama da América Latina nos Últimos 30 Anos e Suas Referências Técnicas Históricas* tem prazo de conclusão para o fim de junho de 2012. Esta tem o intuito de analisar o potencial tipológico dos sistemas construtivos em terra crua, a fim de levantar o debate sobre a utilização desta como material de construção. O estudo dedica-se à compreensão destes sistemas a partir da diversidade das formas por ele geradas e das condições em que se localizam. Assim como a pesquisa, este artigo busca reconhecer os sistemas construtivos mais primitivos como tecnologia durável relacionada com conservação e restauro do patrimônio arquitetônico cultural, bem como com a produção arquitetônica contemporânea.

2. DESENVOLVIMENTO DOS SISTEMAS CONSTRUTIVOS EM TERRA CRUA

A evolução da tecnologia da construção esta baseada no equilíbrio entre a satisfação das necessidades sociais e a previsão das condições de risco dos edifícios. Entre estes fatores está a disponibilidade de recursos naturais, o sistema de trabalho (construção), a geografia local, entre outros. Sendo os abalos sísmicos e a água os principais agentes de vulnerabilidade das construções de terra crua, existe uma busca para que resistam a estes embates.

Frente aos desenvolvimentos explicados acima, foram gerados aprimoramentos técnicos e variantes construtivas. Estas apresentam diversos graus de exclusividade e combinação com outros materiais para configurar seus sistemas construtivos.

As variantes técnicas das construções com terra crua condizem não só com o processo de evolução tecnológico, mas também com técnicas similares encontradas no mundo.

De todas as variedades podemos fazer uma classificação geral para facilitar o estudo destas. As diferentes famílias de sistemas construtivos antigos e modernos, que utilizam a terra crua como matéria-prima (Houben; Guillaud, 1989): grupo A-utilização da terra de forma monolítica e portante; grupo B-utilização da terra sob a forma de alvenaria; e grupo C-utilização da terra como enchimento de uma estrutura suporte.

2.1 Exemplos representativos

Estabelecer uma ordem evolutiva não teria sentido, pois nesta análise será ressaltado o potencial tipológico destas técnicas construtivas e como estas se relacionam com cada ambiente.

Portanto, a partir da classificação geral dos sistemas construtivos em terra crua, foram escolhidos exemplos representativos brasileiros. Estes foram selecionados tanto por pertencerem à tradição da construção como por oferecerem novas possibilidades de execução e um bom resultado obtido das técnicas de construção. Desta maneira, os estudos apresentados são analisados em função do potencial tipológico destes.

3. SISTEMAS MONOLÍTICOS E PORTANTES

Como o próprio nome deixa evidente, estes são sistemas estruturais. Estes sistemas compreendem a elevação *in situ* onde não existe separação entre material e componente construtivo, ou seja, a transformação do solo e a edificação são constituídas num mesmo processo.

3.1 Exemplo representativo

A obra escolhida foi a *Vila dos Estudantes* (figura 1) do Ecocentro Instituto de Permacultura e Ecovilas do Cerrado (IPEC), em Pirenópolis, GO. Esta foi construída em 2005 utilizando a técnica do superadobe.



Figura 1. Vila dos Estudantes (Figuerola, 2006)



Figura 2. Transformação da paisagem (IPEC)

3.2 Avaliação técnica e tipológica

A técnica superadobe é um sistema monolítico e portante muito semelhante à taipa de pilão. Assim como a taipa de pilão sua execução procede da compressão da terra. Porém, as tradicionais fôrmas são otimizadas, através dos sacos, contribuindo na redução de materiais em sua execução e seu desperdício.

As características da técnica possibilitam um desenho orgânico gerando formas interessantes de expressão arquitetônica. Por suas características estruturais, as paredes de superadobe são muito espessas. Portanto existe uma perda de área útil nos projetos.

É possível identificar a posição estratégica da implantação das construções do IPEC em relação ao terreno e como o conjunto altera a paisagem como um todo através do conhecimento da região em que está implantada.

3.3 Contexto

A técnica do superadobe foi inventada em 1984 pelo arquiteto iraniano radicado nos Estados Unidos Nader Khalili. Esta ganhou notoriedade no simpósio *Lunar Bases and*

Space Activities of the 21st Century promovido pela Nasa, por ser uma técnica de fácil execução e por reduzir a necessidade de transporte de material de construção. Esta técnica foi inspirada na tradicional construção em adobe e na cultura nômade do Oriente Médio que faz uso de tecidos e elementos tracionados, não só pelo design e estampas, mas também a própria estrutura. Em 1991 ele fundou o Instituto Cal Earth¹ para promover a construção de casas de baixo custo. Atualmente é referência mundial para o aprendizado e desenvolvimento desta.

André Soares aprendeu a técnica no Instituto Cal Earth e a difundiu no país através do IPEC², uma organização não governamental sem fins lucrativos fundada em 1998. Encabeçado pelo permacultor e a pedagoga e escritora Lucy Legan, o instituto promove cursos e experiências educativas voltadas a permacultura³. Um dos ramos desta é a bioconstrução⁴, do qual fazem parte as construções em terra crua. Na figura 2 observamos como o projeto transformou a paisagem.

3.4 A técnica superadobe e a Vila dos Estudantes

Localizadas no sopé de uma formação montanhosa (figura 3), próximas à área de um córrego, a obra escolhida é formada por cinco casas dispostas ao redor de uma praça formando a característica de vila. Esta serve como alojamentos para os alunos dos cursos realizados no IPEC. Junto à vila há também uma cozinha industrial que foi por muitos anos a maior construção de superadobe no país. (Figuerola, 2006) A execução de ambas foi feita por participantes de cursos promovidos pelo instituto.

As curvas, em planta, do projeto (figuras 4 e 5) favorece a estabilidade das paredes de superadobe, pois a construção desta é feita em camadas. Dessa maneira a carga da construção é distribuída homoganeamente ao longo das paredes.

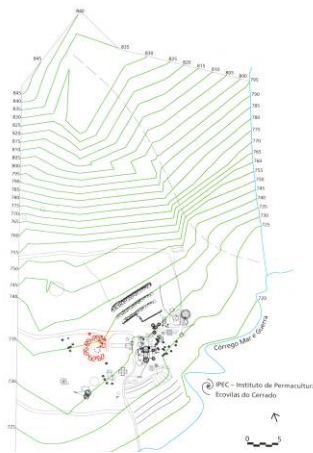


Figura 3. Implantação (Figuerola, 2006)



Figura 4. Implantação vila (Figuerola, 2006)

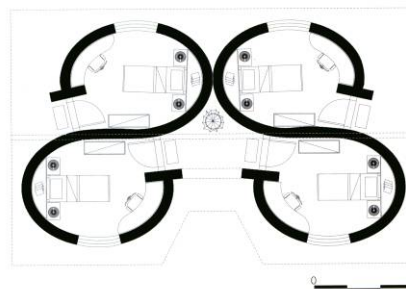


Figura 5. Planta alojamentos (Figuerola, 2006)

3.4.1 Fôrmas

A primeira diferença entre as diversas técnicas monolíticas em sua execução é em função das características das fôrmas utilizadas. No superadobe a terra crua inorgânica é colocada em sacos de polipropileno e depois apilada. Estes sacos são incorporados as paredes.

3.4.2 Fundação

Como as paredes são muito espessas, as construções são estáveis. Deste modo, as fundações são rasas do tipo sapata corrida ou radier. Como o solo do cerrado é duro, a fundação da Vila dos Estudantes foi substituída por duas fiadas enterradas de superadobe. Para evitar a infiltração por capilaridade é importante impermeabilizar a fundação e a base das paredes de terra. Assim, as primeiras fiadas foram preenchidas com areia e cimento, assim como as três primeiras fiadas sobre o solo da construção.

3.4.3 Paredes

As paredes são erguidas em camadas. As pontas do saco de polipropileno são dobradas e fixadas no início e no fim da fiada. Após preencher o saco com terra a camada é apiloada para garantir seu prumo e aumentar a resistência à compressão da construção (figura 6). Tal resistência aumenta se houver uma quantidade mínima de água que conduz à melhor coesão.

Entre as camadas de superadobe se adiciona uma ou duas linhas de arame farpado. Este impede o deslizamento entre as fiadas. Com as paredes levantadas, as laterais dos sacos de polipropileno devem ser retiradas. Uma das maneiras de se fazer isso é com auxílio de um maçarico ou facão. Depois disso são embutidas as instalações hidráulicas e elétricas nas paredes.



Figura 6. Superadobe (IPEC)



Figura 7. Detalhe porta (Figueroa, 2006)

3.4.4 Vãos

O travamento transversal é necessário nas pontas da construção com superadobe por serem o ponto mais frágil da construção. Na vila dos estudantes este travamento é feito pela porta (figura 7).

Como a técnica é auto-portante as melhores formas para as aberturas são as circulares e ogivais, pois estas distribuem melhor os esforços. As paredes poderiam ser cortadas logo após sua execução. Porém para se garantir o alinhamento do vão com as esquadrias é comum colocar um molde no lugar destas durante o processo de construção da parede. Podemos observar na figura 8 este caso na execução da obra escolhida.

3.4.5 Revestimentos

O superadobe aceita acabamentos como chapisco, emboço, reboco e pintura. Respeitando as características e o comportamento deste, na Vila dos Estudantes foi feito um reboco a base de terra e cal (figura 9). Somente as paredes internas da cozinha foram revestidas com azulejo por questões de higiene.



Figura 8. Detalhe janela (IPEC)



Figura 9. Vista interior vila (Figueroa, 2006)

3.4.6 Coberturas

Pode-se construir com as próprias camadas de superadobe usando os princípios estruturais de formas como cúpulas e abóbodas. Porém é necessário um bom revestimento e estabilização da terra para impermeabilizar a cobertura, que aumentariam o custo da obra. Portanto, foi utilizada a telha cerâmica com estrutura de madeira apoiada diretamente nas paredes de superadobe. Esta tem um beiral de 1m que protege as paredes do impacto direto com a chuva.

4. SISTEMAS EM ALVENARIA

As paredes de alvenaria em terra crua não são necessariamente portantes, podem também ser utilizadas como vedação. Com alvenarias é possível construir paredes de diversas formas como arcos, cúpulas e abóbodas permitindo assim a flexibilidade de seus modos de construção. Na execução destas, são utilizados diferentes tipos de unidades pré-fabricadas, que após a secagem são utilizadas na construção. Cada unidade varia em função das formas que variam de acordo com a região que é executada e com o seu uso.

4.1 Exemplar representativo

O exemplar escolhido foi a *Sala de Múltiplos Usos* do centro holístico INTEGRIA⁵ em Picada Café, RS. A técnica utilizada foi o tijolo de adobe e foi executada em 2006.

4.2 Avaliação técnica e tipológica

Na *Sala de Múltiplos Usos* é possível observar como a tradição cultural da técnica construtiva do adobe esta aliada ao desenvolvimento técnico deste em função das características de uso desejadas.

As cúpulas construídas em adobe apresentam coerência construtiva e estrutural já que estão submetidas somente à compressão e a alvenaria de terra possui boa resistência a esse esforço. Além disso, sua forma gera amplitude no espaço que associada à centralidade da planta gera uma espacialidade definida e contundente. Esta forma também condiciona a acústica da obra desejada pelo uso. Além disso, é notável o desenvolvimento técnico do adobe que inclui a otimização tanto em seu formato quanto para sua execução. Ademais, se ressalta a influência do meio ambiente em que está inserida na escolha do acabamento integrando a paisagem local.

4.3 Contexto

A *Sala de Múltiplos Usos* foi construída e desenhada pelo professor doutor, engenheiro e arquiteto alemão Gernot Minke. Este dirige também o Laboratório de Construções Experimentais da Universidade de Kassel na Alemanha e tem reconhecimento mundial por suas investigações e projetos voltados para o campo de construções ecológicas, casas de baixo custo e no uso da terra crua como material de construção.

A obra foi desenhada para o centro de vivências INTEGRIA e tem seu espaço ideal para cursos, workshops, reuniões e seminários. A tipologia de construção desta obra em análise foi reproduzida em outras partes do mundo. Na América Latina foi construída em La Paz, Bolívia em 2000 para o Instituto Goethe e em Rocha, Uruguai em 2007 para a comunidade Naturalezarte. Sendo assim, tais projetos também foram considerados a análise.



Figuras 10,11 e 12. Cúpulas acústicas Brasil, Bolívia e Uruguai (Minke, 2007 e 2008; Ferreira 2010)

4.4 A técnica do adobe e a *Sala de Múltiplos Usos*

A *Sala de Múltiplos Usos* é um salão de recolhimento, encontros, meditação e também utilizado para danças. Esta construção possui 9 metros de diâmetro e foi construída em curso realizados no centro a supervisão de Minke. A cúpula foi construída em workshops no local. Na figura 10 é possível observar como esta se integra à paisagem serrana.

4.4.1 Fôrmas

Os adobes da cúpula foram elaborados manualmente com um molde diferente (figuras 13 e 14) dos tradicionais que costumam ser retangulares sólidos. Este tem uma das faces arredondadas que permite uma boa distribuição de som no espaço. Além disso, o comportamento acústico também foi otimizado através do pequeno deslocamento das juntas verticais nos adobes, que por causa desta inclinação são capazes de absorver melhor o som.



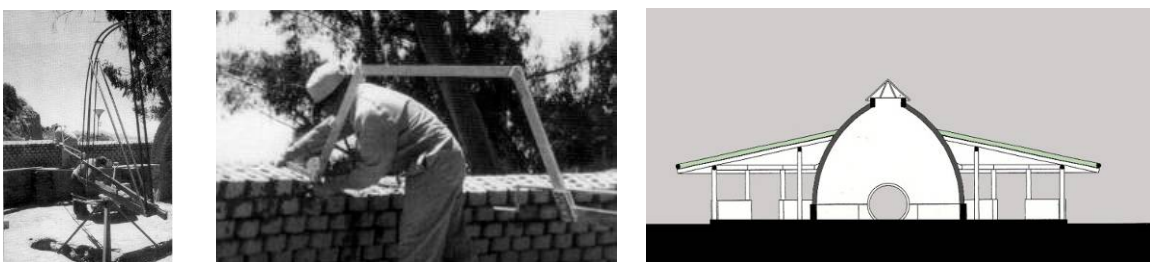
Figuras 13,14 e 15. Molde e adobes acústicos (Minke, 2007 e 2008; Ferreiro 2010)

4.4.2 Fundação e estrutura

A cúpula está estabilizada com dois anéis de concreto armado. Um localizado na base inferior que serve como fundação rasa e tem embasamento em tijolo e/ou pedras locais. E o outro está na base superior que garante a amarração e estabilidade da cúpula. Garantindo, assim, a abertura zenital.

4.4.3 Paredes

Geralmente, nas construções tradicionais de cúpulas se usam formas de madeira e ou outros materiais. Na cúpula foi construída sem moldes graças ao desenvolvimento uma guia giratória (figura 16 e 17) para sua curvatura ótima, garantindo assim que estrutura só trabalhe a compressão. Esta foi desenvolvida pelo Instituto de Construções Experimentais da Universidade de Kassel, Alemanha. A guia gera com precisão o deslocamento horizontal de cada fiada. Assim além de sua eficiência construtiva, tal fator também contribui para o comportamento acústico que não conduzirá o som somente para o centro e sim se propagar pela sala.



Figuras 16,17 e 18. Guia giratória e corte (Minke, 2008 e 2007; Ferreiro 2010)

4.4.4 Vãos

A porta foi executada em forma de abóboda garantindo assim a distribuição uniforme dos esforços, fazendo com que somente as forças verticais sejam transmitidas para a fundação. Sua construção se deu junto as camadas da cúpula.

A abertura zenital corresponde ao anel de concreto armado superior. Esta permite a iluminação natural no interior da cúpula e irradia a luz interna a noite tornando-se marco na paisagem. Na figura 18 podemos ver o corte da cúpula acústica em Rocha, Uruguai.



Figuras 19, 20, 21 e 22. Iluminação zenital e portas (Ferreiro, 2012; Minke, 2008 e 2007; Ferreiro 2010)

4.4.5 Revestimentos e cobertura

Nas três tipologias a abertura zenital foi revestida com vidros formando um cristal. (figura 19). Ademais, internamente os adobes ficaram aparentes por suas funções acústicas.

Em cada uma das tipologias podemos observar diferentes soluções para o revestimento externo que condizem com suas respectivas regiões. A *Sala de Múltiplos* foi revestida com uma capa impermeabilizante e coberta com um teto verde, se integrando à paisagem montanhosa local e de vegetação densa (figura 23). Na tipologia inserida na metrópole de La Paz, Bolívia foi utilizada um revestimento de fibra de vidro reforçada com revestimento sintético acrílico (figura 24), fazendo com que esta se funda no meio dos planos urbanos. Já em Rocha, Uruguai se utilizou uma estrutura de madeira para integrar o espaço da cúpula a uma varanda ao redor desta que foram unificados por uma cobertura verde. É possível observar pela foto como a construção fica harmônica aos pampas de vegetação rasteira espaça e montanhosa. Neste caso a parte externa da cúpula recebeu um revestimento de reboco de terra (figura 12).



Figuras 23 e 24. Cúpulas acústicas Brasil, Bolívia (Minke, 2008 e 2007)

5. SISTEMAS MISTOS

As técnicas mistas consistem na associação de uma estrutura (de outros materiais) suporte que formam tramas. Estas servem para sustentar a mistura de terra crua em estado plástico que preenche e reveste todo esta estrutura. Este é um padrão construtivo das técnicas deste sistema. A pequena variação se deve a adaptabilidade da técnica aos materiais encontrados na região e as diferentes tramas da estrutura suporte.

5.1 Exemplar representativo

A obra representativa escolhida foi à *Casa do Nilo* construída em Rio do Ouro, São Gonçalo no Rio de Janeiro por José Zanine Caldas. A residência foi executada utilizando a técnica do pau a pique, por volta dos anos 80.

5.2 Avaliação técnica e tipológica

A simplicidade do projeto, da obra analisada, dialoga harmoniosamente com o meio rural em que se insere. Tal característica também conduz a uma espacialidade interna generosa reforçada pela delgada espessura da parede.

A execução desta se deu através de um sistema de cooperativa, no qual os moradores da região constroem suas casas num modelo de ajuda mútua e conhecimento construtivo. Assim, a obra escolhida resgata esta tradição de construção em pau-a-pique inserindo esta técnica na produção arquitetônica contemporânea.



Figuras 25 e 26. Foto casa do Nilo e planta (Silva, 1991)

5.3 Contexto

José Zanine Caldas foi paisagista, maquetista, escultor, designer e arquiteto autodidata. Sua produção se caracteriza pelos desenhos originais com a utilização de técnicas vernaculares de construção, explorando também as qualidades plásticas e construtivas da madeira brasileira. No Centro de Desenvolvimento das Aplicações das Madeiras do Brasil – DAM em 1983 iniciou pesquisas sobre habitação popular baseado em processos construtivos artesanais com a participação dos usuários. Integrando assim, o fazer tradicional brasileiro ao modernismo.

A falta do trato acadêmico criou muitas dificuldades de obter maiores dados sobre suas obras. Tendo apenas um livro publicado (Silva, 1991) para complemento da análise foram utilizadas cartilhas da fundação DAM, onde os projetos se assemelham bastante a este. Entretanto, em sua produção é notável a herança do discurso moderno de adaptação e resgate das técnicas construtivas populares brasileiras.

5.4 A técnica pau-a-pique e a *Casa do Nilo*

A casa construída em pau-a-pique além de resgatar esta técnica secular, apresenta ainda a curiosidade da planta cruciforme. Esta planta remete as casas banderistas, uma das mais tradicionais do nosso país. Assim, os ambientes internos têm praticamente a mesma metragem quadrada (figura 26).



Figuras 27, 28 e 29. Detalhe fundação e fotos da obra (MEC. SG. CEDATE, 1985; Silva, 1991).

5.4.1 Fundação

A fundação é uma sapata corrida de pedra e tijolo cerâmico protegido por uma camada de impermeabilizantes. A partir desta, foram erguidos alguns pilares de alvenaria que elevam a

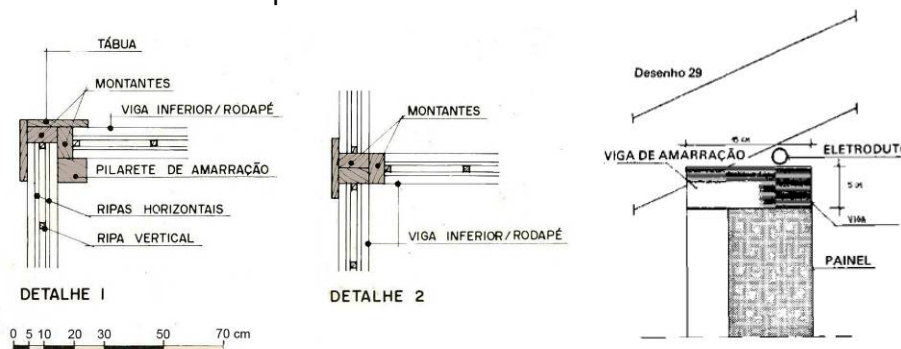
casa do chão através de vigas de madeira serrada. Também seria possível construir um embasamento de pedras e/ou cimento para impermeabilizar as paredes de pau-a-pique da infiltração por capilaridade. Esta proteção é importante, pois a infiltração pode danificar a estrutura que sustenta o barro. Na *Casa do Nilo*, o espaço existente entre o chão da casa e o solo proporciona melhor ventilação e evita umidade, isolando a terra crua e a madeira do contato direto com o solo. Esta é uma boa solução para lugares alagadiços e de alta temperatura.

5.4.2 Paredes: tramas e barreamento

Para as tramas que sustentam o barro, foram utilizadas sobras de madeira serrada, provenientes de pequenas serrarias (figura 28 e 29). O uso na construção destes resíduos de madeira, que seriam queimados para fazer carvão, possibilitou o barateamento da obra (Silva, 1991). Porém, este poderia ser de outros materiais como o bambu e se fossem roliças teriam melhor resistência mecânica. As tramas consistem em uma fileira vertical com distanciamento de aproximadamente 20 cm. Esta está entre duas fileiras de ripas horizontais com espaçamento entre elas de aproximadamente 10 cm.

Contudo, podem apresentar variações quanto à forma, materiais e ainda, quanto ao meio de produção.

Cada painel de tramas formado é delimitado por montantes (figura 30 e 31). Através deste os painéis são pregados entre si. Na fase de acabamentos é colocada uma tábua de arremate que complementa a tábua de travamento, cobrindo o encontro dos montantes verticais dos painéis. Essa tábua serve também como travamento entre painéis. Para reforçar o travamento também foram utilizadas cantoneiras de tabuas de madeiras triangulares a cada encontro de duas paredes. Essas estruturas também foram dispostas para servirem como estantes para a casa.



Figuras 30, 31 e 32. Detalhes (Silva, 1991; MEC. SG. CEDATE, 1985).

Como os painéis são auto-portantes, a viga superior utilizada tem a função de amarração dos painéis e por cima destas são passados os eletrodutos (figura 32). Sobre essa viga é apoiada os painéis triangulares da empena do telhado que é travado por uma tabua presa aos painéis.

No barreamento pode-se utilizar apenas terra com água dependendo do tipo de solo que será trabalhado. Porém, é comum adicionar materiais como fibras vegetais, esterco de gado, entre outros. Estes funcionam como aglomerantes contribuindo para garantir a secagem uniforme diminuindo assim a retração da terra durante a secagem e aumentam a resistência a resistência do barro. A mistura geralmente é preparada amassando a terra com os pés descalços, mas também é possível utilizar máquinas misturadoras. De acordo com a fundação DAM, a aplicação do barro é feita em três fases: a primeira que preenche os espaços; a segunda, aplicada depois que a primeira secou, para uniformizar as paredes e cobrir as trincas; e a terceira para o revestimento.



Figuras 33 e 34. Corte painel e foto armário (Silva, 1991).

5.4.3 Vãos

Janelas e portas são feitas antes do barreamento. Ou têm suas esquadrias montadas junto as tramas como é possível observar na figura 28, ou são abertas com cortes nos quais se colocam sua esquadria. Esta última opção pode fragilizar a estrutura. Portanto, o planejamento foi fundamental no momento em que se construíram os painéis.

5.4.4 Revestimentos

O uso do revestimento no pau-a-pique é importante para cobrir as fissuras resultantes da secagem do barro, pois estas podem expor a estrutura suporte danificando-a e podem ser ótimos lugares para a proliferação de doenças.

O revestimento utilizado na *Casa do Nilo* é um reboco à base de cal que permitindo a difusão do vapor das paredes e a impermeabilização destas.

5.4.5 Coberturas

A cobertura é feita em telha cerâmica apoiada sobre a estrutura de madeira serrada. Esta apresenta um beiral que se projeta por aproximadamente um metro a partir da parede. Além de sobrear o espaço a extensão da cobertura protege as paredes do contato direto com a chuva evitando assim seu desgaste.

6. CONCLUSÃO

A importância da preservação do saber construtivo tradicional brasileiro não se destaca apenas por seu valor histórico e cultural, mas também pela potencialidade construtiva desta na produção arquitetônica atual. Muito mais do que uma ideologia, a escolha do material está estreitamente relacionada ao meio ambiente em que se insere a obra. Esta relação

conduz a uma análise das disponibilidades materiais encontradas no local, ao clima, e ao uso desejado.

Durante a pesquisa, foram encontrados poucos registros sobre a quantidade de matéria prima, a terra crua, utilizada para nas construções, tampouco, informações sobre o local de onde veio à terra utilizada e o que aconteceu com este espaço após a retirada da terra. Ou ainda que tipo de solo foi utilizado na construção. O registro destas informações é essencial, pois a execução da obra começa muito antes de sua fundação. A importância destes fatores pode ser crucial para condicionar a escolha da técnica construtiva mais apropriada que condiciona a qualidade arquitetônica da obra.

A escolha do sistema construtivo é associada muito mais ao clima pela capacidade térmica do material do que por sua função estrutural. A terra crua tem grande inércia térmica, proporcionando conforto ótimo para climas extremos. Nas regiões onde são mais utilizadas, absorvem o calor do sol e mantém a temperatura interna amena ao longo do dia e da noite. Em climas frios o calor deve vir de aquecimentos artificiais dentro das construções. Ou seja, é coerente seu uso em climas muito quentes ou muito frias e também em regiões cuja variação térmica é muito grande.

Já o fator da espessura de parede está integrado ao espaço construído. Nesta análise foi possível observar a qualidade espacial gerada pela técnica. Assim, é possível afirmar que o esforço utilizado para construção de espaços muito pequenos com paredes muito grossas não é justificável. A beleza destas paredes está, também, em sua percepção no espaço.

O trabalho com a terra como material torna a construção mais próxima da população. Pois, as técnicas não necessitam de mão de obra especializada. O aprendizado desta é facilmente difundido, no qual são relevantes as ações participativas de construção não só de uma técnica, mas também de um saber. Ademais, é notável como a compreensão estrutural da matéria condiciona o desenvolvimento da técnica. A associação à tecnologia e a indústria são de grande importância em sua inserção no contexto atual.

Sendo assim, possível concluir que o cenário da produção atual em terra crua pode ser classificado em três frentes: 1- produção individual por iniciativa própria e desenvolvimento junto à permacultura e a sustentabilidade; 2- iniciativas sociais tanto por incentivo de organizações não governamentais quanto governamentais, principalmente na produção de habitação, que desenvolvem trabalho participativo com comunidades num esquema de multirão; 3- através de empresas fazendo incorporações que ganham cada vez mais espaço no mercado através da padronização dos elementos construtivos em terra crua. Esta última ainda não tem no Brasil desenvolvimento suficiente para que os sistemas de terra crua sejam vistos como alternativas plausíveis para a população em geral, e seu avanço pode alicerçar o desenvolvimento das outras duas frentes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ferreiro, Alejandro. (2010). *Arquitectura con tierra en Uruguay*. Montevideu, Uruguai: [S. ed.].

Figuerola, Valentina (2006). Simple e eficiente. In: *Revista AU arquitetura e urbanismo*. São Paulo: Ed. Pini, ano 21, n. 24 p.28-33.

Houben, Hugo; Guillaud, Hubert (1989). *Traité de Construction en Terre*. Marseille: Editions Parenthèses, p.15.

MEC. SG. CEDATE (1985). *Taipa em painéis modulados*. Brasília: CEDATE, 70p.

Minke, Gernot (2007). *De las tensoestructuras a la bioarquitectura*. 1 ed. Uruguay: Fin de siglo.

____ (2008). *Manual de construcción en tierra: la tierra como material de construcción y sus aplicaciones en la arquitectura actual*. 3 ed. Uruguai: Nordan-Comunidad: Fin de siglo.

Silva, Suely Ferreira da (coord.) (1991). *Zanine, sentir e fazer*. Rio de Janeiro: Agir. 144p.

NOTAS

- (1) Disponível em: <http://calearth.org/>
- (2) Disponível em: <http://www.ecocentro.org/>
- (3) A permacultura é um método holístico para planejar, atualizar e manter sistemas de escala humana (jardins, vilas, aldeias e comunidades) ambientalmente sustentáveis, socialmente justos e financeiramente viáveis.
- (4) Termo utilizado para se referir as construções onde a preocupação ecológica está presente desde sua concepção até sua ocupação.
- (5) Disponível em: www.integria.com.br/

AUTORES

Mariana Kimie Nito, estudante do 9º semestre de arquitetura e urbanismo na Escola da Cidade, bolsista de iniciação científica pelo Núcleo de Pesquisa da mesma instituição.

Anália M. M. C. Amorim, é presidente da Associação de Ensino de Arquitetura e Urbanismo de São Paulo, mantenedora da Escola da Cidade e demais Núcleos. Atualmente é professora doutora da Escola da Cidade e da Universidade de São Paulo.



REINTERPRETAÇÃO DA TÉCNICA DA TAIPA NA PRODUÇÃO ATUAL

Augusto, Taís¹; Lyra, Luna²; Nunes, Felipe³; Ribeiro, Leonardo⁴

Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará

¹ taisaugustolima@gmail.com; ² luna.lyra@gmail.com; ³ felipppppppe@gmail.com; ⁴ leodavidribeiro@gmail.com

Palavras-chave: taipa, reinterpretação, modulação, sustentabilidade, patrimônio

Resumo

A técnica da taipa é uma tradição construtiva bastante enraizada no nordeste brasileiro. Devido ao contexto e às condições econômicas e geográficas dessa região, ela tem naturalmente características sustentáveis. No intuito de reinterpretar e revalorizar essa técnica na conjuntura atual, o Canto - Escritório Modelo de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Ceará (UFC) realizou uma pesquisa sobre construção modular em taipa para atender uma demanda da ONG Aquasis. A pesquisa objetivou encontrar solução arquitetônica que: não produzisse resíduos *in loco* ou durante sua produção; estivesse disponível localmente, diminuindo os efeitos nocivos do transporte; e fosse de fácil feitura e disseminação. A taipa modulada provou-se solução adequada à proposta. Como metodologia, foi realizada uma revisão bibliográfica a fim de propor um modelo de produção para as condições atuais de construção. Esse estudo possibilitou, além da elaboração do projeto realizado, o desenvolvimento de uma nova técnica, podendo ser sistematizada para incentivar a construção de habitação de forma sustentável sócio, econômica e ambientalmente em localidades com poucos recursos.

1. INTRODUÇÃO

A taipa, apesar de ser uma técnica tradicional no nordeste brasileiro, vem sendo abandonada e desvalorizada nas últimas décadas. Esse processo pode ser explicado através de fatores como: a sua baixa durabilidade; o risco de atrair o barbeiro, transmissor da doença de chagas; e o preconceito existente devido à sua associação com uma baixa condição social. Porém, acredita-se que essas problemáticas podem ser contornadas com o aperfeiçoamento da execução da obra em taipa. Nesse contexto, busca-se reinterpretar o método em questão, com o intuito de encontrar essas soluções e aproxima-lo das atuais necessidades e modos de produção da sociedade vigente.

O projeto que guiou a equipe ao estudo da taipa modulada surgiu a partir de uma demanda da ONG Aquasis feita ao Canto - Escritório Modelo de Arquitetura e Urbanismo (EMAU) da Universidade Federal do Ceará (UFC). A sede da Aquasis encontra-se no SESC Iparana, local onde ansiavam construir um complexo para aplicação de conceitos permaculturais. Nele, uma área seria destinada à agrofloresta, sendo necessária a construção de uma pequena edificação associada ao armazenamento de sementes e ferramentas. Nessa oportunidade, o Canto buscou encontrar e desenvolver uma técnica que se adequasse à situação dada para a construção da Sementeira.

2. SUSTENTABILIDADE

Décadas de insistente alarme para as questões ambientais, agravadas nos últimos anos pelo alerta catastrófico do aquecimento global, colocaram a pauta da sustentabilidade em todos os canais de comunicação. Ainda assim, apesar de pouco aprofundada, a discussão sobre construções sustentáveis parece esgotada.

Quando vencidas pelos argumentos e pela pressão da sociedade, as instituições neoliberais logo encontram uma maneira de se apropriarem dos discursos contrários aos seus

interesses para, ao mesmo tempo, os reduzirem e desgastarem. Assim, assistimos à criação de inúmeros certificados que avaliam e atestam o caráter sustentável das construções, sem que contudo, as necessidades fundamentais para atingir tal objetivo sejam alcançadas.

Por outro lado, nos canais alternativos de comunicação, vemos surgir um movimento de resgate de técnicas construtivas com alto grau de eficiência energética e respeito ao meio-ambiente. Apesar disso, esse movimento por vezes parece radicalizar na sua rejeição ao sistema vigente, abdicando de técnicas e métodos que além de não enfrentarem o conceito de sustentabilidade, poderiam ser usadas para melhorar a eficiência energética, a produção e por conseguinte o próprio nível de sustentabilidade da construção. Diferente dessa situação, nesse projeto, buscou-se incorporar técnicas contemporâneas de produção num desses métodos construtivos considerados sustentáveis: a taipa.

3. A TAIPA

3.1 Histórico e caracterização

Há, na literatura brasileira, uma certa confusão de nomes e definições quando se trata da taipa. Para melhor esclarecimento da técnica a que nos referimos, agrupamos em duas categorias os diversos de tipos encontrados nessa literatura, todos popularmente chamados de taipa.

A primeira, cuja nomenclatura mais específica é taipa **de pilão** (*tapia* ou *tapial* nos países de língua castelhana), muito comum na arquitetura colonial paulista ou nos antigos centros econômicos do país, é definido por Weimer como o que “[...] consiste em socar com um pilão – daí seu nome – terra levemente umedecida entre dois tabuados laterais (chamados de taipais), que são amarrados entre si superior e inferiormente [...]” (Weimer, 2005, p. 258).

A construção final é portanto feita unicamente de terra apiloada, só as vezes reforçada com a adição de matéria vegetal ou animal para “garantir a solidez das paredes” (Weimer, 2005, p. 259). A madeira empregada fica restrita às formas que moldam as grossas paredes (de no mínimo 50 centímetros), que são reutilizadas a cada fileira e retiradas ao final do processo (figura 1). Apesar de amplamente empregado no país, esse sistema foi bastante incomum no Ceará.

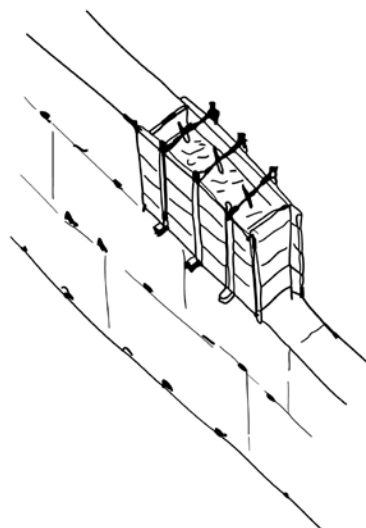


Figura 1. Taipa de pilão

Na segunda categoria reuniu-se um conjunto de técnicas muito semelhantes associadas às construções de pau-a-pique, que deu a base para o desenvolvimento da taipa modulada. Ela é composta pela união entre a estrutura de madeira e sua vedação de barro. Pode ser denominada em três tipos encontrados na literatura: a taipa **de mão**, a taipa **de sopapo** e a

taipa **de sebe**. Essas técnicas, assim como a técnica do pau-a-pique, consistem em “[...] tomar troncos ou galhos de madeira razoavelmente retos, que numa das extremidades são fincados no chão e na extremidade superior são fixados a um suporte horizontal – via de regra à vigas, que servem de suporte para a estrutura do telhado” (Weimer, 2005, p. 235).

Nesses troncos o barro é aplicado entre suas frestas. Para melhor fixar a massa de preenchimento, galhos horizontais mais finos podem ser colocados em um ou ambos os lados, paralelos ou alternadamente. As diferenças dessas nomenclaturas são identificadas em dois pontos: no modo em que é aplicado o barro, que no caso da taipa de sopapo é arremessado concomitantemente por dentro e por fora, enquanto que nas outras ele é amassado nas frestas; e no espaçamento entre os troncos, que nas taipas de mão e sopapo é de apenas um palmo, enquanto na de sebe é bem maior, preenchida por uma trama de galhos horizontais e verticais (figura 2).

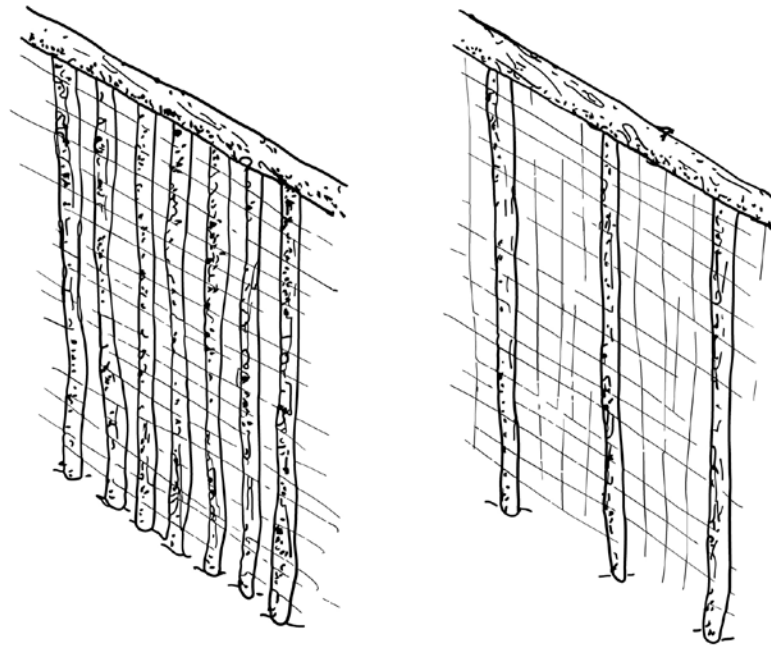


Figura 2. Estrutura das taipas de mão, de sopapo (esquerda) e de sebe (direita)

É difícil precisar a origem da taipa, havendo suposições de que seja muito antiga. A técnica é extremamente simples e de baixa tecnologia, tendo sido encontrada entre civilizações de caráter primitivo na África e na América. Certo é que vem sendo empregada em toda a América Latina até os dias de hoje, onde também é chamada de *bahareque* ou *quincha*.

3.2 Justificativas

Dentro do conceito de sustentabilidade, encontram-se os motivos que guiaram a equipe a estudar e utilizar a técnica da taipa. Podem-se definir duas grandes justificativas: a valorização de um método construtivo local e a adequação ao projeto que foi realizado.

O patrimônio histórico do Ceará é pouco valorizado por seus moradores e agentes construtores do espaço. No caso da taipa, os habitantes da cidade logo renunciaram a essa técnica por conta de valores culturais e sociais, cedendo à produção feita em tijolo sem tentar aperfeiçoar a técnica que já vinha sendo utilizada há décadas. Enquanto isso, as entidades produtoras do espaço não se preocupam suficientemente com a conservação e valorização de obras já construídas na região.

Considerou-se a taipa adequada por conta de duas exigências do projeto: a sustentabilidade e o baixo custo. Por ser a obra parte de um complexo permacultural, a preocupação

ecológica era eminente. Refletiu-se sobre a construção feita em tijolos, mas essa não seria adequada, pois exige um material industrializado que demanda muita energia na sua fabricação e no seu transporte, além da alta produção de CO₂ que ocorre durante o processo de queima do barro. Para mesclar sustentabilidade e baixo custo, chegamos a decisão de aproveitar materiais que estivessem disponíveis no local da obra, economizando a energia e o dinheiro gastos para locomover e fabricar novos materiais. Com a alta disponibilidade de madeira e terra na região, a taipa surgiu como possibilidade ideal para a realização da Sementeira. Dessa forma, conversando com os integrantes da ONG, foi-se encontrando outros materiais disponíveis no sítio para as demais partes da construção: telhas reaproveitadas para a cobertura, entulho para a fundação, cerâmicas de demolição para o revestimento do piso, entre outros.

Além disso, considerou-se que, com o uso da taipa modulada, poderíamos alcançar um sistema construtivo simplificado, permitindo a rapidez, o emprego de mão de obra pouco especializada e a facilidade de reprodução. Esse último se configurava como um ponto relevante por essa ser a primeira construção do complexo permacultural, por isso pensou-se em elaborar um sistema que pudesse ser propagado nas obras futuras.

4. REINCORPORAÇÃO DA TAIPA NA PRODUÇÃO ATUAL

Para realizar a modernização do uso da taipa e adequar esse método construtivo na produção arquitetônica atual, tentou-se primeiramente realizar um estudo das propriedades da taipa a partir de uma visão neutra, encarando esse método como algo a ser reconstruído. Um modelo no qual os elementos a serem empregados são os mesmos, mas a forma com que eles são arranjados é inovadora. Assim, chegou-se a duas características ainda pouco exploradas desse processo construtivo: a sua capacidade de estruturar formas arquitetônicas complexas e a possibilidade do seu uso de maneira modulada.

O sistema da taipa permite grande flexibilidade e fácil manipulação, sendo possível o alcance de soluções formais, espaciais e estruturais diversas. Esse método construtivo, na sua estrutura elementar, é constituído por trama e preenchimento. A trama compõe a estrutura e define a forma do objeto arquitetônico e o preenchimento é aplicado sobre ela, exercendo o papel de vedação. Nesse sentido, podemos imaginar a concepção de estruturas complexas, como paredes curvas e abóbadas (figura 3). Essa característica da taipa, também chamada por Borsoi de “barro armado”, nos remete à maleabilidade do concreto armado, sistema também composto por trama e preenchimento. É evidente que, entre os dois, há uma enorme distância nas suas capacidades de suporte de cargas.

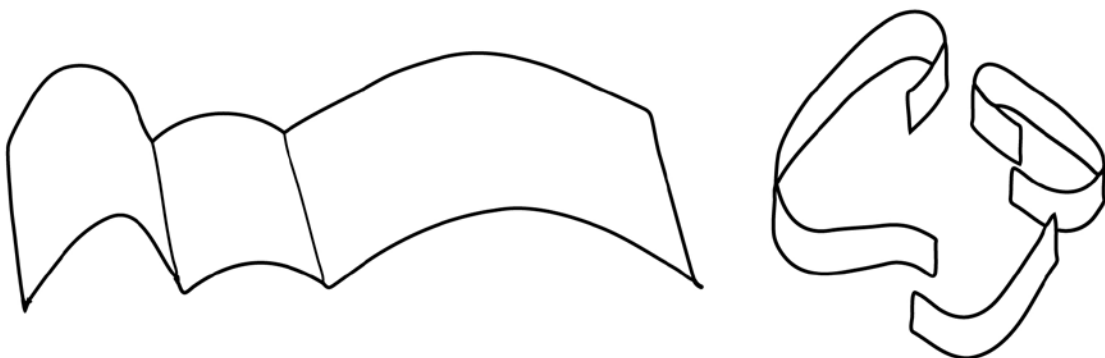


Figura 3. Amostra das possibilidades formais de um sistema de tramas

A partir de preocupações contemporâneas como produção em massa, replicabilidade e aceleração do processo construtivo, estudou-se a aplicação da taipa modulada. Assim, dois métodos foram analisados: o do Centro de Desenvolvimento das Aplicações das Madeiras do Brasil (DAM) e o Serviço Social Contra Mucambo (SSCM).

O primeiro foi elaborado em função do projeto da Fundação Educacional do Distrito Federal (FEDF) para a Escola Rural Olhos D'água, na região da Cidade Satélite de Sobradinho, e reunido numa publicação de 1989 com alternativas tecnológicas habitacionais (Brasil, 1989). Esse sistema "constitui-se de dois momentos básicos: corte das peças de madeira e elaboração dos painéis, que se dá previamente na marcenaria; e a construção propriamente dita, que se dá no canteiro de obras" (Fundação DAM, 1985, p. 17). Nesse método, definiu-se cinco tipos básicos de painéis: cego, porta, janela baixa, janela alta e empena (figura 4). Os quatro primeiros possuem largura de 1 metro e altura de 2,5 metros, com espessuras que variam entre 10 e 15 centímetros e são dispostos alternadamente para dar mais estabilidade à construção. O painel empena possui formato triangular, correspondente a inclinação do telhado, e possui largura máxima de 6 metros. Esse elemento "tem função estrutural (sustentação da cumeeira) e de isolamento acústico (principalmente para as salas de aula)" (Fundação DAM, 1985, p. 22). Com esses painéis já prontos, a construção pode ser realizada com rapidez: prepara-se a fundação, dispõem-se os painéis em suas devidas posições e preenche-os com barro, como é realizado na utilização tradicional da taipa.

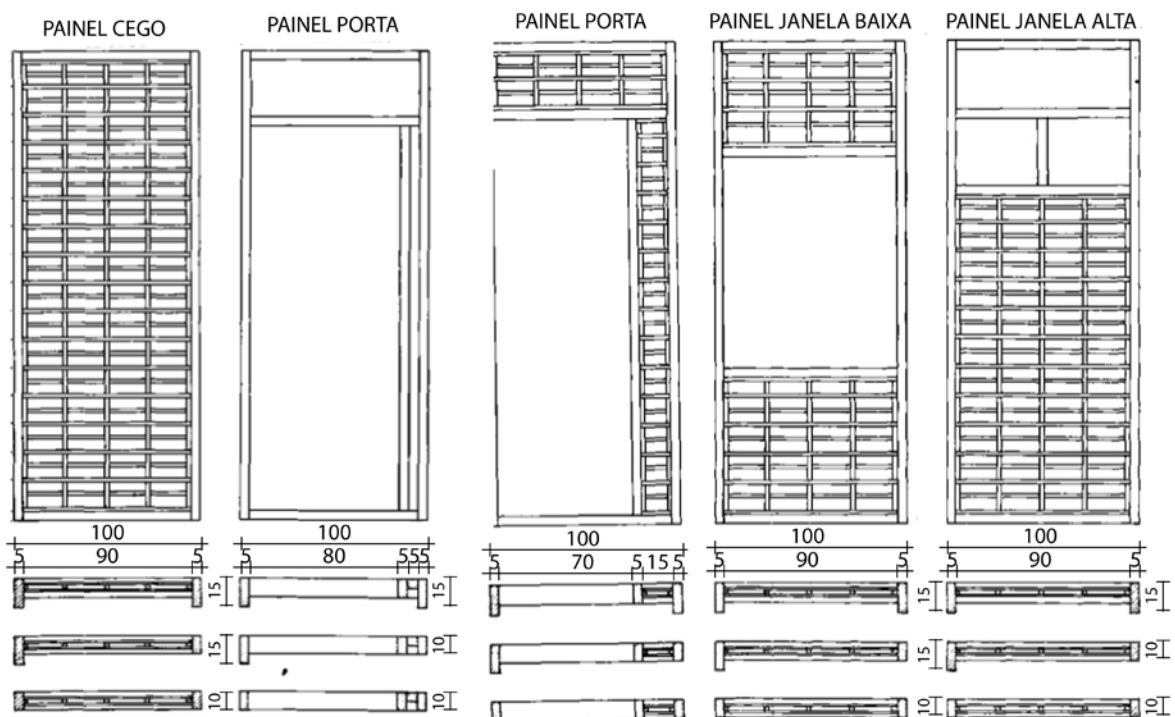


Figura 4. Os cinco tipos básicos de painéis da metodologia da Fundação DAM (DAM, 1985)

O segundo método construtivo foi planejado por Borsoi, ao projetar a comunidade do Cajueiro Seco, em Pernambuco. Durante esse projeto, uma das questões que fundamentou a utilização da taipa foi a seguinte constatação do arquiteto e sua equipe: "Notou-se que, mesmo existindo tijolos disponíveis para a construção de suas casas, a população não conseguia utilizá-los, devido ao desconhecimento em relação ao sistema construtivo (fio de prumo, andaime, nível, amarração dos tijolos)" (Borsoi, 2006, p. 77). Assim, foram desenvolvidos sete tipos de painéis que permitiram "uma construção variada e fácil, com as possibilidades econômicas e do interesse de cada família" (Borsoi, 2006, p. 77).

Foi interessante nesse caso a tentativa do arquiteto em racionalizar os demais elementos da construção, como a cobertura de palha e o equipamento sanitário (figura 5).

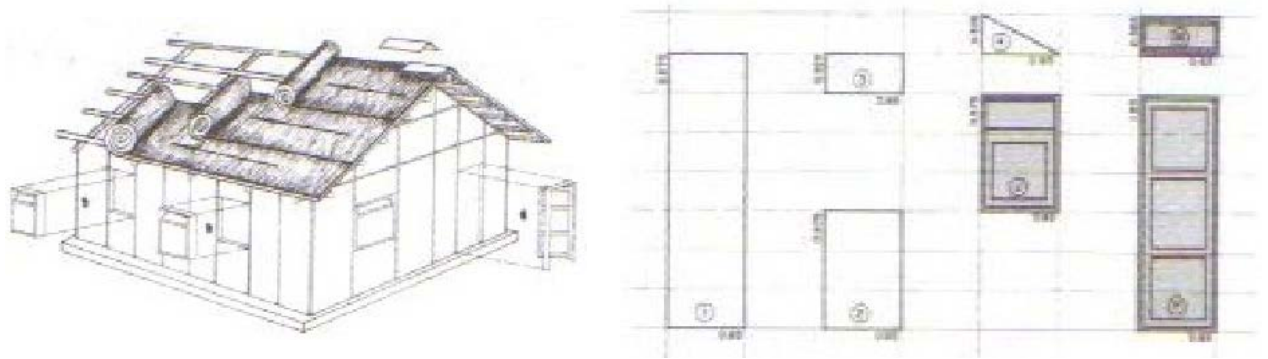


Figura 5. Ilustrações da técnica desenvolvida pelo arquiteto Acácio Gil Borsoi (BORSOI, 2006)

Ambos os métodos procuram racionalizar a técnica tradicional da taipa, criando painéis modulados, compostos por uma trama emoldurada de madeira que, depois de fixada no local, é preenchida com barro. A utilização do módulo permite maior produtividade, maior rapidez e redução dos erros construtivos. Outros elementos da construção, como a fundação e a cobertura, possuem diferentes soluções em cada um dos casos analisados. Constatou-se que esses elementos são mais bem solucionados quando de acordo com o contexto do projeto a ser realizado, os materiais disponíveis e as técnicas utilizadas em cada região. Nos casos estudados, pouca influência tiveram na eficiência do processo construtivo.

5. UM NOVO MÉTODO

Foi de novembro de 2010 a junho de 2011, após visitas ao terreno, conversas com os parceiros e estudos de caso que se iniciou o projeto da Sementeira. Ele foi a consequência de duas outras soluções já apresentadas aos parceiros que, contudo, ainda não tinham um resultado satisfatório em termos de inovação. O ritmo lento em que se processaram os trabalhos acabou por nos oferecer a oportunidade de amadurecer essas propostas. Foi então que as pesquisas sobre taipa modulada chegaram ao nosso conhecimento e iniciou-se o desenvolvimento do método construtivo adotado ao final.

Não era a intenção do projeto pensar numa produção massiva nem que necessitasse de flexibilidade programática ou espacial, o objeto era uma simples e única edificação. Isso não significa dizer que a técnica desenvolvida não poderia ser usada com tais objetivos, ela contém características que se trabalhadas nesse sentido terão êxito fácil. No entanto, havia um contexto delineado: uma pequena edificação para guarda de sementes e ferramentas, que expusesse conceitos de sustentabilidade em sua própria constituição e que pudesse ser construída com mão de obra e materiais locais. Assim, foi seguindo esses pressupostos prioritários que a técnica adotada foi desenvolvida.

O resultado foi algo similar ao método da Fundação DAM. Dessa maneira, foram definidos painéis modulados de madeira e barro para os elementos verticais: paredes e esquadrias. Para a execução do piso, da cobertura e da fundação foram reunidas técnicas tradicionais, porém, diferentemente da Fundação, utilizando material reaproveitado encontrado no local.

Os painéis podem ser divididos em três tipos básicos (figura 6). Os primeiros correspondem aos painéis de porta, de janela, de parede e de tela, cada qual representando uma função específica da estrutura total. Esses quatro são compostos por uma moldura retangular de madeira com pequenas sobras no eixo vertical: a inferior, medindo 30 centímetros, para a fixação do painel na fundação, e a superior, de 5 centímetros, escavada para receber uma viga de amarração dos painéis (figura 7).

Todos medem 2,75 metros de altura por 1 metro de largura, porém com características internas distintas, correspondentes à sua função. Para as áreas de preenchimento com o barro, são colocadas varas de madeira verticais e horizontais formando uma trama. As horizontais são dispostas em ambos os lados e intercaladas com espaçamento de 10 centímetros entre eixos. Por entre elas ficam as verticais, espaçadas a cada 22,5 centímetros. A tela foi escolhida como material de vedação das esquadrias por permitir a ventilação e a insolação, ao mesmo tempo em que impede a entrada de animais. Além disso, é um material de baixo custo e que foi aproveitado em outros espaços, como em um viveiro de mudas que havia no local.

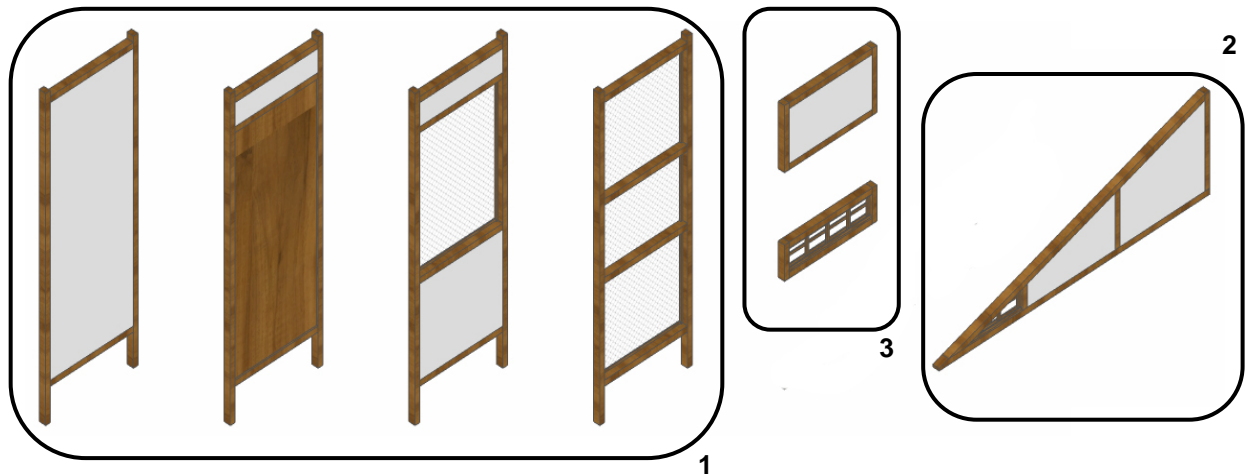


Figura 6. Painéis divididos entre os 3 tipos básico (Maquete eletrônica feita pelos autores)

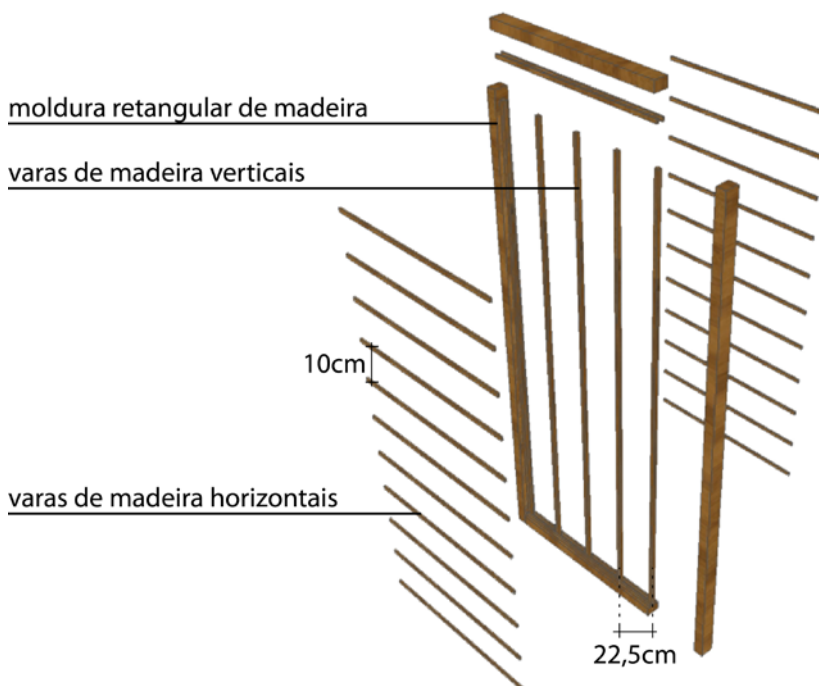


Figura 7. Estrutura de um dos painéis (Maquete eletrônica feita pelos autores)

O segundo tipo, de empena, como no da Fundação DAM, é triangular e obedece à inclinação do telhado. Recebe diretamente as vigas, caibros e ripas que sustentam a cobertura de telhas de barro reaproveitadas. Sua estrutura é semelhante a dos primeiros painéis, formada por uma moldura e trama, porém com a peculiaridade da forma triangular.

O terceiro tipo corresponde aos dois pequenos painéis destinados a preencher o espaço entre os primeiros e a cobertura. Têm a mesma estrutura dos outros, largura de 1 metro e altura de pequenas dimensões, 30 centímetros e 56 centímetros. O menor não é preenchido com barro e serve como bandeirola. A dimensão pouco usual do maior (56 centímetros) se fez necessária devido à inclinação da cobertura.

Importante ressaltar que com esse caso percebeu-se que, mesmo com grande esforço em se definir uma quantidade mínima de elementos padronizados, é quase que imprescindível a quebra do módulo. Isso não significa uma incoerência, já que a modulação continua tendo suas vantagens, mas uma quebra na forma rígida de lidar com a padronização, que pode trazer com seus excessivos limites prejuízos ao projeto. Isso acaba por permitir uma flexibilidade que se adapta às necessidades de cada contexto, que enriquece e que transpõe os obstáculos causados pelo excessivo rigor.

Esses painéis são pré-fabricados e levados ao canteiro para a aplicação do barro após a construção das fundações. Para ela propõe-se fazer um baldrame de entulho, deixando vazios os espaços onde serão fixados os suportes dos painéis. Esses serão cobertos por cimento no momento da fixação. Após o preenchimento de barro nos painéis, deve ser feita a aplicação de reboco e pintura para evitar desgastes com a umidade da chuva.

Materiais reaproveitados cumprem as funções restantes. O piso de terra é revestido com cacos de tijolo e cimento, sendo possível a confecção de desenhos como num mosaico. Além disso, garrafas de vidro podem ser fixadas à trama dos painéis antes do barreamento para iluminar melhor os ambientes. O resultado final combina um aspecto rústico, caracterizado pelo uso de materiais a vista e técnicas tradicionais, com o contemporâneo, pela utilização de novos materiais (como nas telas para fechamento das esquadrias), pelo arranjo formal e projetual e pela inovação técnica (figura 8, 9 e 10).



Figura 8. Resultado Final: A Sementeira (Maquete eletrônica feita pelos autores)



Figura 9. Resultado Final: A Sementeira (Maquete eletrônica feita pelos autores)

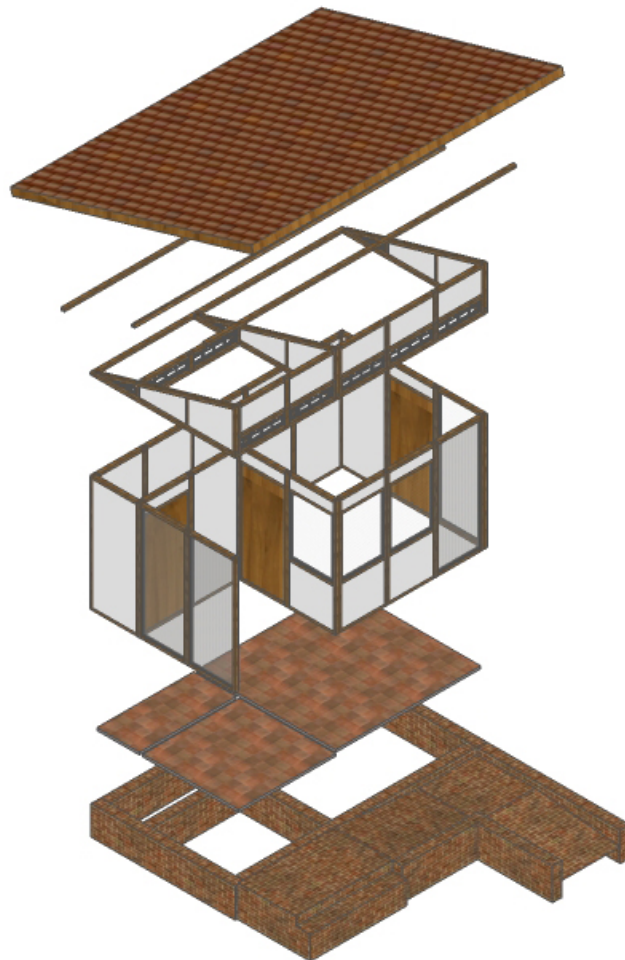


Figura 10. Estrutura geral da Sementeira (Maquete eletrônica feita pelos autores)

6. CONCLUSÃO

Uma análise completa do projeto ainda não pôde ser obtida devido ao fato dele ainda não ter sido executado. A experiência prática no canteiro de obras, bem como as avaliações pós-ocupação, são partes fundamentais dessa investigação. Elas nos darão subsídios para o aperfeiçoamento da técnica, tanto no momento da execução como no do projeto. No entanto, os resultados parciais já obtidos nos permitem tirar algumas conclusões.

Verificou-se a extrema importância da vivência extracurricular, pois essa supre carências e ausências existentes no programa pedagógico dos cursos de Arquitetura e Urbanismo. No decorrer do processo projetual em questão, ficou evidente o atraso existente nas escolas de Arquitetura em relação à forma com que se encara a sustentabilidade. Esse termo, apesar de muito discutido, não é tratado com a devida seriedade. Assim, um dos grandes facilitadores desse estudo foi a bibliografia disponível sobre o assunto.

As técnicas tradicionais sugerem bons caminhos a se seguir para o desenvolvimento de métodos construtivos sustentáveis, ao se aliarem a tecnologias e procedimentos contemporâneos. Porém deve-se atentar em evitar o emprego sem reflexão de soluções estrangeiras. O próprio conceito de sustentabilidade pode ser ameaçado por ações nesse sentido. O ponto de partida para a elaboração de novas soluções construtivas deve ser o contexto que caracteriza cada local: sua história, sua geografia, sua economia e seus habitantes.

Por fim, acredita-se que essa contribuição deve ser encarada como parte de um projeto maior, que leva um novo conceito de desenvolvimento a diversas regiões, cada uma com suas especificidades. Do projeto descrito nesse artigo é possível extrair diversos aprendizados, os quais podem ser enriquecidos ao considerar a existência de outros exemplos de novas práticas e reflexões que também devem ser estudadas com cautela.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

Borsoi, Acácio Gil (2006). *Arquitetura como manifesto*. Recife: Gráfica Santa Marta. p. 74-79.

Brasil (1989). *Dez alternativas tecnológicas para habitação*. Brasília: MINTER/PNUD. p. 33-55.

Fundação DAM (1985). *Taipa em painéis modulados*. Brasília: CEDATE. 64 p.

Weimer, Günter (2005). *Arquitetura popular brasileira*. São Paulo: Martins Fontes. p. 235-265.

AUTORES

Todos os autores são bolsistas integrantes do Canto - Escritório Modelo de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Ceará. O Canto é um programa de extensão que prevê experiência prática e teórica dos envolvidos por meio da assistência técnica em arquitetura e urbanismo para entidades que desenvolvem projetos de interesse público.



CASA TECNOLÓGICA DE TIERRA (EARTH HOUSE TECHNOLOGICAL)

Méndez, María Teresa¹; Machuca, Diego²; Góngora, Claudia²; Gonzáles, Juan Carlos³;
Naganoma, Cesar Akira³

(1) Coordinadora, Centro de Estudios para Comunidades Saludables, Universidad Ricardo Palma, Av. Benavides 5440, Lima33, +511-997352174 mmendez@mail.urp.edu.pe

(2) Voluntario, Facultad de Arquitectura

(3) Voluntario, Ingeniería Electrónica,

Centro de Estudios para Comunidades Saludables, Universidad Ricardo Palma,
Av. Benavides 5440, Lima33, +511-7080000 Anx. 8338, cecos@urp.edu.pe

Palabras-clave: Bambú, tierra, junco, edificios inteligentes, arquitectura moderna sostenible.

Resumen

El trabajo tiene por objetivo promover un cambio en el concepto de las construcciones modernas en el Perú, integrando la tecnología como parte del concepto sostenibilidad. Se plantea un prototipo de vivienda considerando que la arquitectura está basada en los factores y parámetros propios del lugar, los que intervienen en su concepción. Al cambiar su ubicación estos parámetros de por sí cambian. En esta era digital, los parámetros se relacionan por medio de algoritmos y pueden ser modificados a voluntad. Así llegamos a la parametrización de un objeto que puede ser replicado modificando los algoritmos. Planteamos la fabricación digital del sistema constructivo del prototipo basado en el concepto de Quincha Mejorada y compuesto de cañas de bambú, malla de Junco (*Juncus bufonius* L.) que crecen en las zonas húmedas del litoral peruano, empleamos una cobertura de tierra que trabaja como elemento estructural. La forma del prototipo se basa en formas geométricas complejas (no Euclidianas) que permiten su estructuración en el espacio. Tanto el bambú como el Junco no poseen un tamaño estandarizado, el tipo de estructura debe considerar esta característica. Consideramos una estructura cuyo centro de masa y centro de gravedad están ubicados en el mismo punto, lo que elimina el esfuerzo de torsión. Por ser una estructura flexible funciona adecuadamente en movimientos sísmicos siendo idóneo para zonas de alta sismicidad. La forma compleja del Prototipo será el resultado de la Célula (resultado de los parámetros a que este será sometido). El prototipo está concebido como edificio inteligente por estar automatizado mediante el uso de sensores (sonido, luz y temperatura). La forma que adopta la vivienda corresponde al uso, espacio y tiempo, para lograr confort térmico. Es una primera propuesta de uso de materiales naturales en construcción y tecnología de última generación para brindar sostenibilidad al medio ambiente.

1. ANTECEDENTES

El sentido del presente artículo es explorar la interconexión que se está dando entre el manejo de conceptos propios de la era digital aplicados a soluciones reales, en este caso llevado al tema constructivo, que nos permita producir nuevas ideas como es el caso, por ejemplo, de hábitats autosuficientes. Debido a las condiciones económicas de nuestro país, es muy difícil emplear tecnología de última generación para desarrollar proyectos arquitectónicos complejos, lo que ocasiona que se extienda el tiempo de trabajo en una construcción a un mayor tiempo, y, que a su vez demanda un mayor trabajo para solucionar muchos de los detalles constructivos. Las máquinas empleadas son generalmente para uso comercial y no para construcciones individuales, como es el caso de viviendas.

Mientras las estructuras tradicionales, son basadas en sistemas constructivos bidimensionales, en los últimos años se tienen estructuras "Ultra" modernas en las que se experimenta con formas complejas, como es el caso de cerchas tridimensionales. Esto incluye membranas anti clásticas, conchas de doble curvatura, y espaciales. Formas que requieren del empleo de nuevas técnicas digitales para facilitar el trabajo (figura 1).

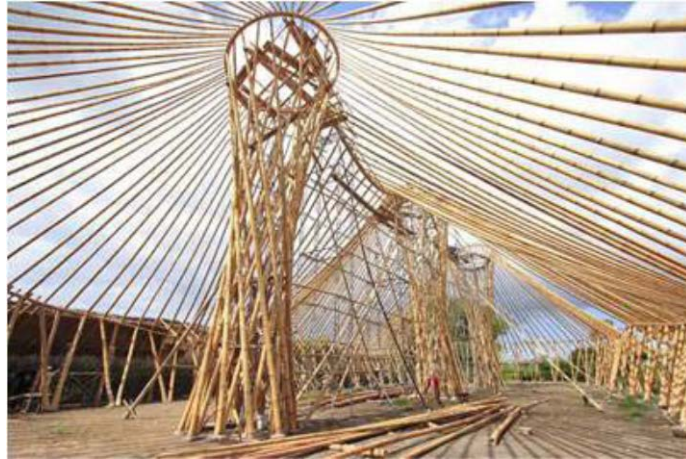


Figura 1. Sistemas estructurales en espiral (Jörg Stamm 2008)

Sin embargo, cuando hablamos de construcciones de tierra en el Perú, éstas todavía siguen ligadas a un tipo de construcción artesanal (figura 2). En la actualidad, la tierra es empleada como material de construcción por un gran porcentaje de habitantes en los países en desarrollo. Se estima que en el Perú el 65% de la población rural y el 30% de la población urbana viven en edificaciones de tierra, las que son construidas sin ningún tipo de supervisión técnica. A esto se le agrega el riesgo de las construcciones de tierra debido al alto grado de vulnerabilidad sísmica debido a fallas geológicas, y silencios sísmicos como es el caso de la interacción de las Placas de Nazca y Sudamericana. (Méndez et al. 2010). Factores que deben ser tomados en consideración para emplear cualquier nueva tecnología digital.



Figura 2. Casas sismoresistentes de quincha mejorada-Huarangal (www).

Estos nuevos conceptos de diseño de edificaciones bajo el empleo de tecnología digital hace que el trabajo profesional ya no quede reducido a una especialidad aislada, sino por el contrario nos encontramos en una época donde las disciplinas se unen con fines comunes, la consecución no solamente de edificaciones aisladas sino también de ciudades.

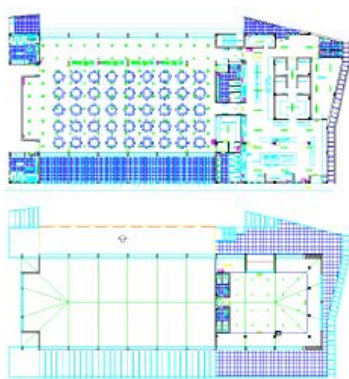
Es así que uno de los desafíos actuales es cómo vincular estos nuevos conceptos, con la sostenibilidad, para lo cual tomamos en consideración algunos de los conceptos vertidos por Gottlieb (1999), en los que se refiere a los modelos de ciudades, pero, referidas a ciudades europeas. Menciona que las ciudades metropolitanas, con poblaciones mayores a 10 millones de habitantes, como es en nuestro continente, representan hasta un cierto punto, la antítesis de las ciudades europeas. Mientras en Europa nos referimos al urbanismo y la planificación, generalmente, enfocados en una ciudad que representa una imagen ideal basada en una serie de consideraciones, sobre cuyas dimensiones y proyectos fueron planificadas y desarrolladas. En cambio, las ciudades con más de 10 millones de habitantes

surgen de orígenes totalmente diferentes. Se produjeron por factores muy diferentes y los cuales dictaron dimensiones y proyectos diferentes. Uno de estos factores es la explosión demográfica en los llamados “países subdesarrollados”; otro factor que ha producido la explosión de la ciudad es que el agro ya no puede seguir manteniendo a la gente en el campo y vienen a buscar trabajo en las aglomeraciones urbanas.

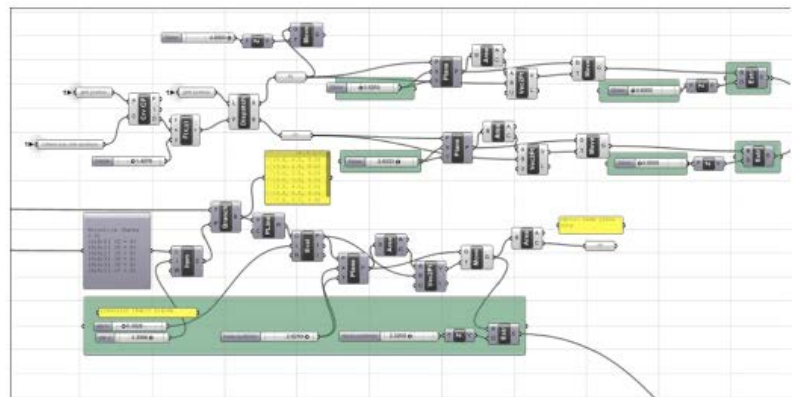
En cuanto a la arquitectura misma, ésta se conceptualiza según espacio, forma y función como se conoce en la actualidad, pero, según estos nuevos conceptos, a ésta se le agrega un concepto más importante, el tiempo. Esto debido a que el diseño está condicionado a la dinámica de cada persona y de cada lugar. Por ejemplo: la función de una persona que está envuelta en una rutina y ésta tiene variantes en el tiempo. Es decir la actividad que uno tiene en el día no es la misma que la noche. Un espacio, actualmente, está concebido para cumplir una función, pero ésta no necesariamente cambia de acuerdo a las necesidades que el usuario va requiriendo.

A veces la arquitectura no es lo suficientemente eficiente según la función que se ha definido, pero ahora el concepto de una vivienda tecnológica tiene como principal objetivo el resolver varios problemas que presenta una vivienda actual. Desde la arquitectura, aspectos culturales, ambientales y económicos.

Según Ballesteros (2011) en un artículo sobre arquitectura paramétrica parte de la consideración que el proyecto arquitectónico es un organismo paramétrico, modificable en cualquier instante sin esfuerzo: solo cambiando parámetros (figura 3).



vectorial



paramétrico

Figura 3: Forma de pensar, vectorial y paramétrico. (Ballesteros J.-Madrid)

Este concepto nos permite la elaboración de un proyecto de arquitectura, la comprobación de eficiencia y realizar correcciones (casi nunca costosas y sin mucho esfuerzo).

En cuanto a la cuestión urbana, ésta se halla en el fondo de cada campo, ya sea en el ámbito de la economía, la sociología, la cultura o la arquitectura (estrategias multicapa, prospecciones y propuestas, etc). Una respuesta a estos ámbitos es, por ejemplo, la estructura de Lima, la que está formada por anillos de expansión urbana (Ludeña, 2006). Toda la estructura urbana se ha ido concentrando desde el centro hacia el exterior, hasta los que hoy son llamados pueblos jóvenes.

En el caso de un tipo de vivienda tecnológica ésta debe emplazarse dentro de un sistema igual, dentro de lo que se conoce como ciudades inteligentes (smart cities). Desde el punto de vista tecnológico, una ciudad inteligente está considerada como un sistema de gran complejidad llamado también sistema de sistemas, quiere decir, un ecosistema en el que

co-existen múltiples procesos íntimamente ligados y que resulta difícil abordar de forma individualizada.

En la práctica, y a un nivel más popular, seguramente entendemos que una ciudad inteligente es una ciudad comprometida con su entorno, con elementos arquitectónicos de vanguardia, y donde las infraestructuras están dotadas de las soluciones tecnológicas más avanzadas para facilitar la interacción del ciudadano con los elementos urbanos, haciendo su vida más fácil. El entorno hace referencia tanto a los aspectos medioambientales, como a los elementos culturales e históricos. Un planteamiento como el descrito exige a aquellas ciudades que aspiren a ser consideradas como inteligentes, a renovar y mejorar constantemente las soluciones tecnológicas aplicadas. Esto con el fin de mejorar la eficiencia de sus procesos y la calidad de vida en su entorno. Esto nos lleva a un detalle importante: la categoría “smart” no es duradera, es decir, no está asociada a la consecución de una meta, sino que implica más bien el compromiso por parte de los distintos agentes involucrados en un proceso constante de mejora, con un potencial casi infinito, y una meta no menos lejana.

Las necesidades y preferencias de los ciudadanos son muy diversas. Por ello, la mayor parte de las actuaciones emprendidas en las primeras fases de implantación de proyectos “Smart City” están orientadas a proporcionar servicios para los cuales existe una demanda evidente: gestión de la movilidad y el aparcamiento urbano, para mejorar el tráfico y disminuir los tiempos de búsqueda de lugar de aparcamiento, disminución de las colas y los tiempos de espera en las oficinas municipales y los centros de salud, etc. No obstante, si las infraestructuras se plantean desde el inicio de una manera suficientemente flexible, podrán ser utilizadas en el futuro para proporcionar servicios avanzados, que probablemente ni se imaginaban. También hará viable económicamente proporcionar soluciones para colectivos más reducidos, contribuyendo así a rentabilizar los costes de implantación de dichas infraestructuras y a garantizar su sostenibilidad. Por citar sólo algunos posibles nuevos servicios no tan comunes hoy en día: “Los sensores del transporte público podían determinar si el autobús que espera el usuario viene muy lleno o con retraso, ofreciendo alternativas, bien a través de paneles informativos o en el teléfono móvil; las personas que sufran alergia podrían recibir alertas en su teléfono cuando la concentración del alérgeno que les afecta supere determinados niveles en cualquier área de la ciudad, mostrándole los servicios médicos más cercanos en caso necesario; los sensores en las áreas de juegos infantiles podrían detectar si un niño se aleja del área y avisar a sus padres...”. (Hernández, 2011).

Una visión que tomamos en cuenta es la del profesor de Mitchell (2007) quien sostiene que el grupo de ciudades inteligentes persigue la sostenibilidad, habitabilidad, y la equidad social a través de la innovación tecnológica y el diseño. Partimos de la idea de que las ciudades son sistemas de sistemas, y que están surgiendo oportunidades digitales para introducir el sistema nervioso, capacidad de respuesta inteligente, y la optimización en todos los niveles de integración de sistemas (de la de los dispositivos y aparatos individuales (una preocupación tradicional de los medios de comunicación Lab) a la de edificios, y en última instancia a la de ciudades completas y las regiones urbanas. Así mismo, a través de la intercomunicación entre los sistemas nerviosos digitales, por ejemplo los de los sistemas de movilidad de una ciudad y de sus sistemas de energía, se hace posible coordinar el funcionamiento de diferentes sistemas para lograr importantes eficiencias y beneficios de la sostenibilidad. Este enfoque radicalmente cambia y replantea muchos de los problemas de diseño tradicional, y abre posibilidades para nuevos productos, servicios y modelos de negocio. El diseño tradicional está cambiando hacia la consideración de otras variables con las cuales trabajar. Esto es pasar del software al hardware, pero teniendo una serie de variables, entre ellas, el medio ambiente.

Gracias al empleo de la tecnología de manera multidisciplinaria se logra un producto final más eficiente y además permite una evaluación permanente de los resultados mediante un

proceso ensayo-error. Esto nos apertura una nueva visión del proceso de diseño arquitectónico en el empleo de nuevas formas complejas empleando materiales naturales.

Es así que el CECOS-BRIGURP se plantea aplicar estos nuevos conceptos para el diseño de un prototipo de vivienda de formas complejas, empleando materiales naturales, mediante el empleo en laboratorio de nuevas técnicas de fabricación digital. Es una primera aproximación de combinar la nueva tecnología a materiales que promuevan la sostenibilidad del planeta.

2. PROPUESTA

El estudio tiene por objetivo promover un cambio en el concepto de las construcciones modernas en el Perú, integrando la tecnología como parte del concepto sostenibilidad. Así planteamos un prototipo de vivienda basada en los factores y parámetros propios del lugar que intervienen en su concepción, basados en la fabricación digital del sistema constructivo de quincha mejorada. Este sistema lo consideramos compuesto por cañas de Bambú (*Gadua sp.*), material que en el Perú es subutilizado y, malla de Junco (*Juncus bufonius L.*) que crece en las zonas húmedas del litoral peruano. Empleamos una cobertura de tierra que a la vez trabaja como elemento estructural. La forma del prototipo se basa en formas geométricas complejas (no Euclidianas) que permiten su estructuración en el espacio.

En la casa de tierra tecnológica utilizamos el sistema de quincha mejorada, la que será usada como un sistema de paneles predimensionados, lo que facilitará su preparación y construcción. Estos paneles son fabricados según los parámetros que se han colocado empleando el plug-in del Rhinoceros- Grasshopper¹. Esto facilita su adaptación según las necesidades o parámetros de la zona.

Estos paneles de quincha serán entramados por trenzas de junco (TerraBrasil 2010). Debido a las características físicas de este material es que se decide cambiar de madera a junco. Este trenzado de junco será enrollado por la estructura de bambú.

Uno de los principales problemas aún no solucionados en las construcciones de bambú son las uniones. Hay gran variedad de uniones pero ninguna es 100 % eficaz, esto porque algunas uniones son perforadas por grandes tornillos generando quiebres en el material o el sobredimensionamiento de material para poder asegurar un nudo. En el sistema de construcción convencional no existe una herramienta que permita precisar la forma de corte de este material ni el tipo de unión a escoger. Es por ello que una de los puntos a resolver en esta investigación es partir desde lo más pequeño hacia lo más grande. El desarrollo de este nudo, le denominaremos con el nombre de célula (figura 4).

Para poder desarrollar esta célula se necesitan tomar en consideración 2 cosas:

- 1.- Cual es el aporte que brinda encontrar la solución de éstas uniones.
- 2.- Que propósito tiene el resultado que se quiere obtener.

Una de las respuestas es generar un mejor nudo estructural optimizando los recursos naturales. Y el propósito que a este se le quiere añadir, es que esta estructura se pueda mover de acuerdo a las necesidades del usuario, buscando el confort térmico, o la función que a este se le quiera dar. De la misma manera podemos generar otros espacios a partir del movimiento. Para concebir esta estructura móvil nos basamos en el concepto de los brazos robóticos, que de acuerdo a los grados de libertad que a éste se le otorga puede ejecutar cualquier tipo de movimiento (figura 5).

3. RESULTADOS

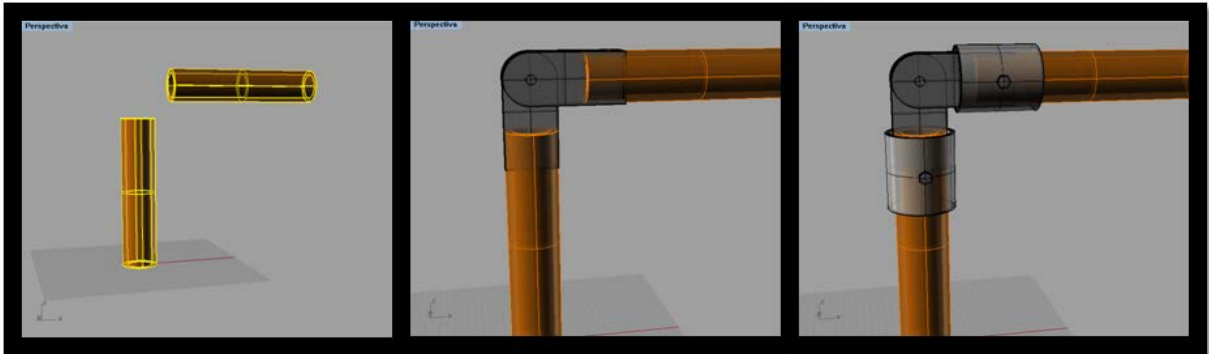


Figura 4. Fabricación de la Célula, Fab Academy(Lima, 2012)

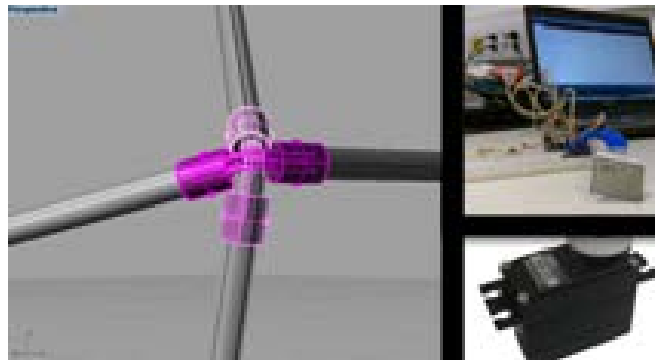


Figura 5. Fabricación de la Célula, Fab Academy (Lima, 2012)

La fabricación del Robotics bamboo structure se da por medio del programa Rhinoceros, el cual nos permite tener una aproximación de la pieza programada por un circuito electrónico que permitirá controlar el Servo motor. Estos circuitos pueden ser controlados desde una computadora o desde el internet

Cada brazo cuenta con un motor eléctrico que permite el movimiento articulado. En esta parte de la célula se quiere llegar a experimentar el movimiento de la estructura y éste como es que soporta su propia carga (figura 6).



Figura 6. Renderizado de la Célula, Fab Academy (Lima, 2012)

Luego de digitalizar la célula que nos permite generar un mecanismo controlado, para que posteriormente algunas estructuras en las cubiertas puedan moverse siguiendo el movimiento aparente del sol. Este seguidor de luz ayudará a captar mayor radiación como

generador de energía, se adecuará al mejor ingreso de luz. También se podrá controlar la vivienda por medio de otros sensores que permitan que la casa se pueda comprimir cuando disminuya el grado de confort térmico o se dilate cuando este se sobrepase el nivel de confort. Para que se pueda obtener esta regularización, las células contarán con el uso de sensores de temperatura.

Al comenzar a unir estas **células** obtenemos el **órgano**, que en este caso está conformado por una serie de paneles. Esta es una imagen del seguidor de luz, compuesta por paneles fotovoltaicos (figura 7).

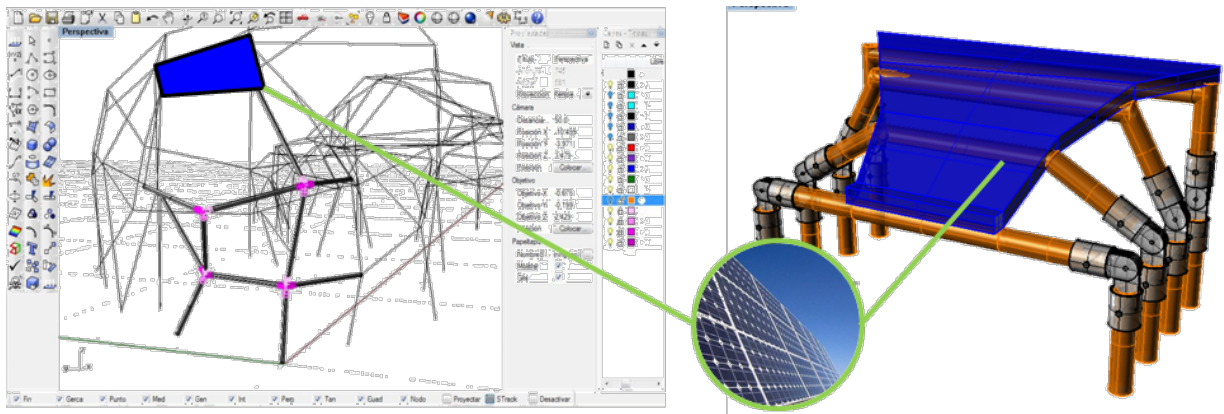


Figura 7. Fabricación del Órgano, Fab Academy (Lima, 2012)

Para poder programar el tipo de movimiento, es decir el grado de libertad que a cada célula se otorga, lo hacemos programando a través de un software llamado Arduino. Para ello se necesitará la placa de este mismo, para programar al Micro-controlador (PIC16F628A), el cual a su vez es programado mediante el Arduino y permite trabajar con Servomotores. Los cuales a diferencia de los motores de continua por estructura interna, generan torque, el cual les permite mantener un cierto peso en una posición determinada (en este caso perpendicular a la luz), estos siguen manteniéndose dependientes de la señal que se obtiene de los LDR's, (Light Dependent Resistor) tratando de igualar las 2 señales, además del agregado de una señal de reinicio el cual permite colocar el panel en una posición inicial. (posición perpendicular a donde sale el sol) (figuras 8 y 9).

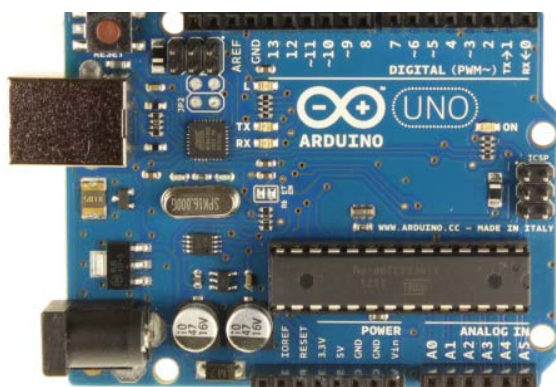


Figura 8. Placa del Arduino

(<http://arduino.cc/en/Main/Hardware>)

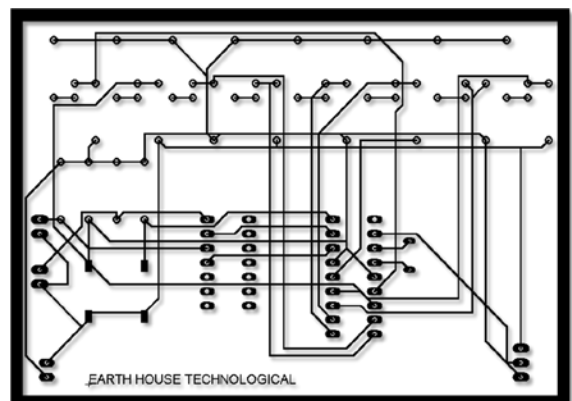


Figura 9. Circuito de Placa, (Cecos - Brigurp 2012).

Como ya se había mencionado anteriormente, lo que nos permite lograr esta forma de pensar es que hacemos uso de la tecnología buscando la optimización de los recursos y para ello gran cantidad de pruebas y simulaciones con poco esfuerzo.

Una vez obtenido el **órgano**, a la vez que la **célula** se replica se va formando lo que es el **Prototipo**. Para obtener este resultado se hace uso de otras variables como las culturales, bioclimáticas, sociales. En este caso presentaremos un ejemplo de prototipo de vivienda para la Ciudad de Tacna, ubicado al sur de la capital a 562 m.s.n.m.

Los requisitos que se toma para la Propuesta son:

- Los aspectos Climáticos Naturales, estrategias de diseño encaminadas a la reducción del consumo energético y de los costes de mantenimiento del prototipo.
- La parte formal del Diseño responde a un aspecto cultural: conmemoración de la Batalla del Alto de la Alianza² y a la Arquitectura Vernácula de Tacna.
- En cuanto a la ubicación física del espacio a trabajar, éste se encuentra empotrado en una Loma, dado estas características el Prototipo se planteará como una extensión de la loma (figura 10).

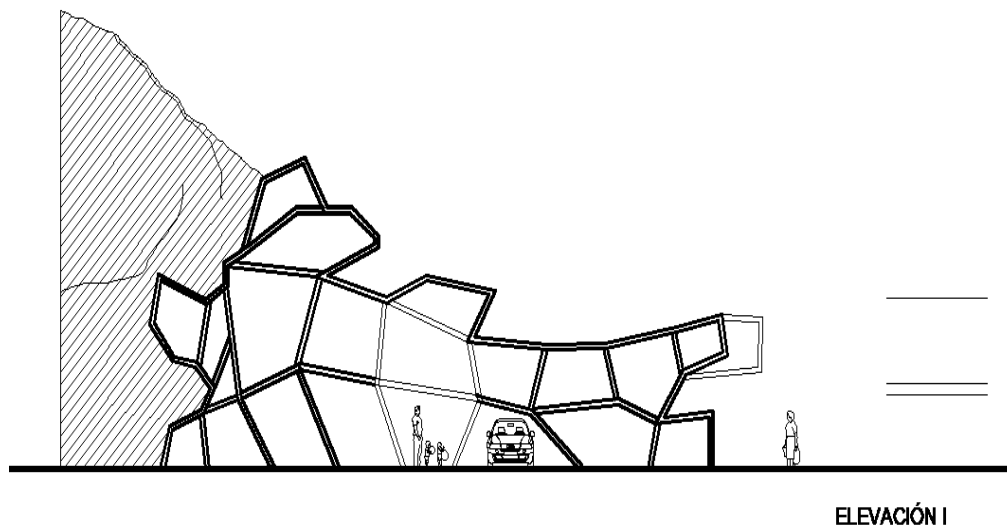


Figura 10 Prototipo para la Ciudad de Tacna (Fab Academy-Lima, 2011)

Macro estrategias:

- El volumen se emplaza en la loma, generando mayor captación indirecta por medio del sistema de inercia subterránea.
- La vegetación ayuda a producir humedad y sombra, el mejoramiento del meso clima, el control del ruido y la canalización del aire.
- El Volumen esta rotado por el Sur Oeste, para que se generen presiones de vientos. Así mismo se aproveche ventilación selectiva y renovación del aire.
- Dado que el clima es cálido seco, la cercanía del río va a ser utilizado para captar mayor humedad.

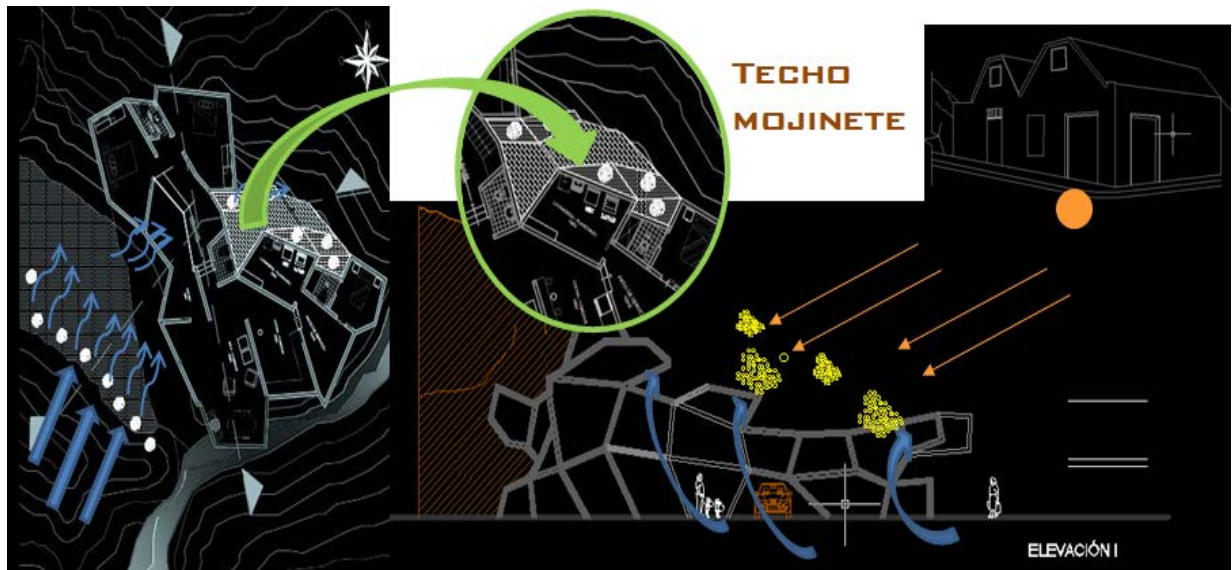


Figura 11: Planta del Prototipo (Fab Academy-Lima, 2011)

Climatización Natural:

- La forma de la estructura ayuda al despliegue del aire.
- La misma forma de la estructura se asemeja al techo mojinete que cumple la misma función y que es un patrón cultural en la zona, parte de la arquitectura vernácula (figura 11).

Microclima:

- Humedad: Dado que el clima es seco, se necesita cierta vegetación para crear humedad, es por eso que se crean plazas internas, controladas por el cerro.
- Lluvias: En el caso de precipitaciones que son muy escasas, la misma forma del PROTOTIPO ayuda a que este se desplace por todo el techo reutilizando el agua para poder realizar un Techo Verde con plantas oriundas del lugar como es el chañal y los arboles usados son el sauce y el molle.
- El uso de las proyecciones, permite saber el recorrido solar, y hacer más eficiente la arquitectura. De este modo controlamos la iluminación, ventilación, el confort acústico, lo que nos permite obtener mejores criterios de diseño que son empleados para este Prototipo.

Gracias a este gráfico solar, se puede observar que el sol estará calentando en todo el transcurrir de los años, es una forma directa de captar la radiación. Esto nos permite optimizar el uso de las teatinas para el ingreso de luz cenital, como un sistema de ventilación controlada para las renovaciones de aire y como puntos de desfogue para la reverberación acústica (figura 12).

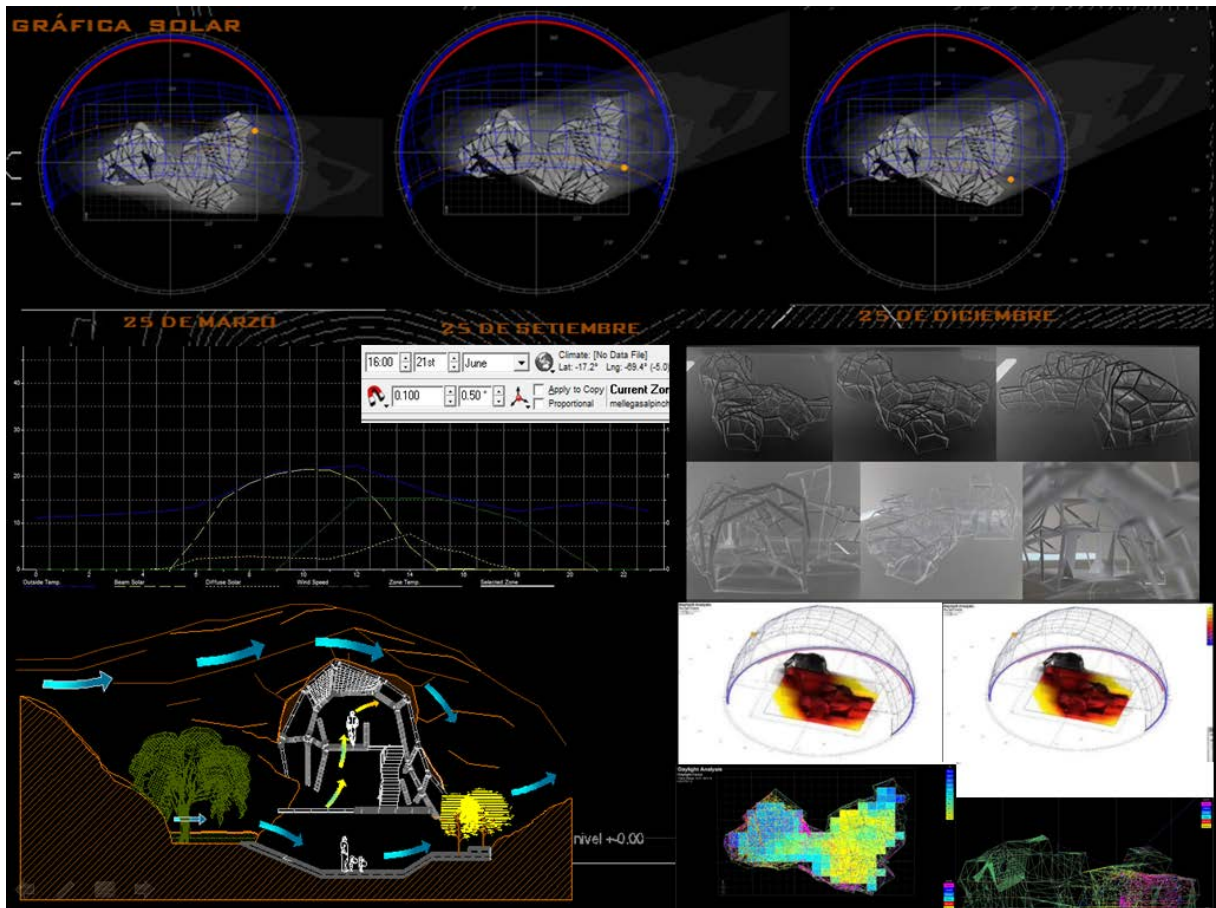


Figura 12: Análisis del Prototipo (Fab Academy-Lima, 2011)

Como se muestra en las imágenes este prototipo ha tenido una serie de simulaciones ambientales pero la forma respeta un patrón social y cultural: usar una tipología de techos en forma trapezoidal (techos mojinetes), haciendo uso de los materiales de la zona como el bambú, junco, y tierra. Esta es una muestra de cómo lograr una vivienda inteligente, utilizando este prototipo como el Componente o Subsistema, mientras, si hablamos de una escala mayor como la de un barrio o una ciudad este terminaría siendo un Sistema, que tenga la capacidad de dar una respuesta inteligente.

El Componente ya analizado solo funciona para la ciudad de Tacna en Perú, pero al haberlo parametrizado podría obtenerse otro tipo de componentes partiendo de la misma célula. Es por ello que este prototipo no solo funcionaria para dicho lugar sino para otras ciudades del Perú. Al igual que los sistemas también podrían variar y pueden ser replicados en cualquier otro lugar (figura 13).

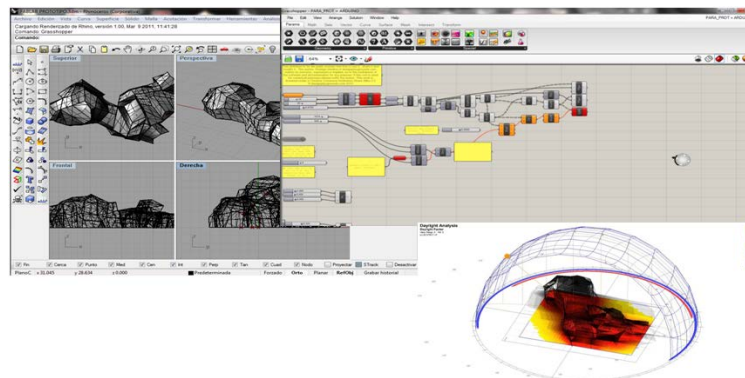


Figura 13. Parametrización del Órgano (Fab Academy-Lima, 2012)

Finalmente así como se procede a realizar una digitalización (software) para luego obtener un producto en este caso la Vivienda Tecnológica de tierra, también se vuelve a usar el software para poder contralar el producto (hardware) (figura 14).

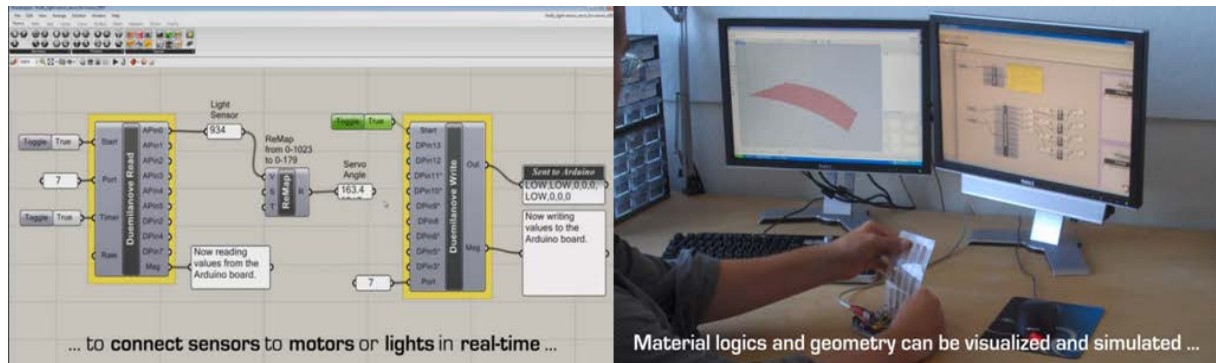


Figura 14. Cerrar la brecha entre Grasshopper, el microcontrolador Arduino, el Internet. (Firefly Experiments).

4. CONCLUSIONES

- C1. El avance de la tecnología nos permite crear e innovar nuevas construcciones favorables para el usuario.
- C2. Los retos actuales son el poder difundir esta tecnología al alcance de todos y que pueda ser adoptada de acuerdo a sus necesidades, resolviendo el problema del interfaz con lo digital y con el material a utilizar.
- C3. En cuanto al costo de uso, por el momento es alto, pero según sea difundido será más accesible a la mayoría para lograr un mayor acceso e inclusión soy se logrará masificar su empleo.
- C4. La existencia de estas nuevas tecnologías abre un camino insospechado en cuanto a las posibilidades creativas y empleo de materiales, como en esta propuesta, totalmente naturales, los que de otra manera eran de difícil solución.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ballesteros, J. (2011). Arquitectura paramétrica. ETSAM.
<http://www.cismadeira.com/arqparametrica/downloads/arqparametricaconceptos.pdf> Última revisión: 15/03/2012
- Gottlieb, A. (1999). Ideas lideradoras para visiones urbanas. En: *XXth UIA Beijing '99 Congress*. Fundación Príncipe Claus para la Cultura y el Desarrollo. Instituto para la arquitectura tropical. p. 16
- Hernández, J. (2011). Telefónica. ¿Qué son las 'Smart Cities' o Ciudades Inteligentes? En: *Artículos de la Sociedad de la Información. Telefónica I+D*.
<http://sociedadinformacion.fundacion.telefonica.com> Última revisión: 30/03/2012
- Ludeña W. (2006) Ciudad y patrones de asentamiento. Estructura urbana y tipologización para el caso de Lima. *Revista Eure (Vol. XXXII, N° 95)*. Chile. p. 37-59
- Méndez, Palacios; Machuca, Sosaya y otros. (2010) Malla de junco como refuerzo para construcciones en adobe. En: *Congreso TERRABRASIL 2010 T1-N°12 Anais*. Brasil. p.12

Mitchell W.J. (2007) - Ciudades inteligentes. En: *Lección inaugural del curso académico 2007-2008 de la UOC. Ciudades inteligentes*. www.uoc.edu/uocpapers/5/dt/esp/mitchell.html - España Última revisión: 30/03/2012

Redes de Gestión de Riesgo. Disponible en: <http://www.redesdegestionderiesgo.com/Noticia.php?id=MTMy>. Última revisión: 15/03/2012

Firefly Experiments <http://www.fireflyexperiments.com/>: Última revisión: 31/03/2012.

NOTAS

- (1) Los parámetros que se han colocado empleando el plug-in del Rhinoceros-Grasshopper son utilizando la forma trapezoidal como tipología de vivienda, con una forma cuadrada donde en cara asita se ubican las células.
- (2) La Batalla del Alto de la Alianza, o Batalla de Tacna, fue una acción bélica que se desarrolló el 26 de mayo de 1880 en Tacna, en el marco de la Guerra del Pacífico (Perú – Chile), siendo una de las acciones militares más grandes de la Campaña de Tacna y Arica.

AUTORES

María Teresa Méndez Landa, Magister y con estudios de doctorado en Educación por USMP, Arquitecta UNI. Docente Facultades de Arquitectura e Ingeniería - Universidad Ricardo Palma. Lima, Perú y Coordinadora del Centro de Estudios para Comunidades Saludables URP. Especialista en Gestión de Riesgos por Desastres. Docente Asesora y Coordinadora del Proyecto.

Diego Machuca Vargas Machuca, estudiante de Arquitectura. Universidad Ricardo Palma. Miembro voluntario del Centro de Estudios para Comunidades Saludables CECOS-BRIGURP. Coordinador del Proyecto por Arquitectura y Miembro del Fab Academy de la Red Mundial de FAB LAB (Fabricación Digital), según el Programa de "THE CENTER FOR BITS AND ATOMS".

Claudia Karina Góngora Sánchez, Diseñadora de Interiores y estudiante de Arquitectura. Universidad Ricardo Palma. Miembro voluntario del Centro de Estudios para Comunidades Saludables CECOS-BRIGURP.

Colaboradores:

Juan Carlos Gonzáles Lévano, estudiante de Ingeniería Electrónica. Universidad Ricardo Palma. Miembro voluntario del Centro de Estudios para Comunidades Saludables CECOS-BRIGURP.

Cesar Akira Naganoma, estudiante de Ingeniería Electrónica. Universidad Ricardo Palma. Miembro voluntario del Centro de Estudios para Comunidades Saludables CECOS-BRIGURP.



TERRA BRASIL

2012



IV Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil
07 a 10 de agosto de 2012 | Fortaleza - Ceará

ADOBE Y BAJAREQUE SISMO-RESISTENTES

López González, Arturo

Profesor-investigador de la Facultad de Arquitectura y colaborador del Cuerpo Académico Desarrollo Urbano (CADU) de la Universidad Autónoma de Chiapas; 961 1235016, abajareque@yahoo.com

Palabras clave: etnotecnias, sustentabilidad, apropiado, apropiable, sismo-resistente

Resumen

Más allá de un discurso político, hoy en día se ha tornado en una realidad insoslayable, la fuerte contaminación emanada al medio ambiente ha generado constantes cambios climáticos, que a su vez, han generado una serie de desastres naturales impactando negativa e irreversiblemente en la biósfera, en la infraestructura y el equipamiento existentes.

La industria de la construcción representa el 10% del Producto Bruto Mundial; asimismo, es una de las principales consumidoras de recursos y energéticos, absorbiendo entre el 40% y 50% de la energía mundial, por lo mismo, se considera una de las principales responsables de la generación de gases que causan el efecto invernadero y la emisión de desechos sólidos (Arce, Bertha et al, 2011).

Es pues, tanto para los arquitectos como para aquellos que se encuentran inmersos en la edificación de espacios habitables, más que un compromiso, una responsabilidad que debemos asumir, tratando de romper paradigmas, transformando los modelos convencionales de construcción, minimizando el uso de materiales industrializados, regresando nuestra mirada hacia atrás, procurando el rescate de nuestras etnotecnias que a través de la historia han demostrado su eficiencia y fortaleza ante los embates de la naturaleza.

Tal es el caso de las construcciones con adobe y bajareque, técnicas tradicionales milenarias de muchos países; en México conocidas desde la época pre-hispánica, teniendo con el adobe ejemplos representativos a las pirámides de Cholula, en Puebla; y la de Teotihuacán, en México; entre muchos otros (López, Arturo, 2006). Perú, al parecer, es el único país en Latinoamérica que tiene legislado las construcciones con adobe (Tejada, 1981), adobe sismo-resistente; el cual es adoptado y adaptado en esta presentación. Asimismo, el bajareque, que fue empleado por la cultura Maya en la construcción de sus casas es retomado y mejorado para resolver problemas de falta de espacios habitables, sobre todo, en las viviendas rurales.

1. INTRODUCCIÓN

Teniendo como premisa que hoy por hoy, el emplear en las construcciones la tierra o cocida como insumo básico, representa un gran potencial que se ve reflejado no sólo en la economía de cualquier tipo de edificación, particularmente de la vivienda, sino que también revaloriza los aspectos de identidad y cultura. Se tiene conocimiento de variadas técnicas constructivas tradicionales, en las cuales se confirma el uso de la tierra en sus diferentes presentaciones, en combinación con otros materiales naturales de la región, así como de la mano de obra local. Técnicas donde se usa el adobe, el bajareque, el ladrillo, el tabique rojo, el tapial, el adocemento o adoblock, entre otros. Además de que estas técnicas se enmarcan en el desarrollo sustentable como una tecnología apropiada y apropiable; construcciones empíricas desarrolladas por los propios pobladores heredadas de generación tras generación.

Sin lugar a dudas, estas técnicas sugieren revisarse para ser retomadas y ser propuestas en respuesta a problemas sociales y económicos con que se enfrenta nuestra sociedad; principalmente en la falta de espacios habitables y en la falta de acceso a una vivienda que cubra mínimamente las necesidades habitables de las familias de escasos recursos económicos de las zonas rurales y ruburbanas –diría yo-.

Estas revisiones consideran, entre otros aspectos, proponer mejoras al sistema constructivo tradicional que ofrezcan resistencia a embates generados por la naturaleza, sobre todo porque son edificaciones autoconstruidas sin asistencia técnica que presentan algunas deficiencias ante los desastres naturales, entre ellos, los movimientos sísmicos.

Los sismos representan uno de los más graves peligros naturales para la humanidad, tanto que en la antigüedad se le consideraba como algo sobrenatural (Dowrick, 1990).

Diversas zonas en el mundo han sido detectadas como propensas a movimientos sísmicos, éstas en el anillo del Pacífico y la ubicada a lo largo del Ecuador (figura 1); cerca de 100 sismos con una intensidad mayor a 6 grados y 20 con intensidad mayor a 7 grados en la escala de Richter son registrados anualmente (Minke, 2001).

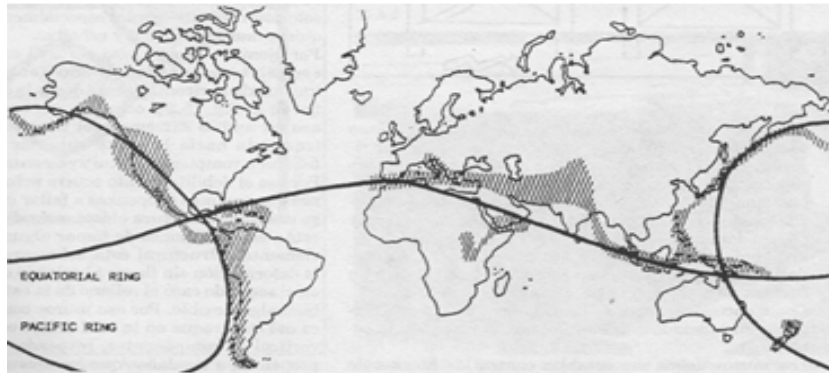


Figura 1. Áreas del mundo propensas a sismos (Houben; Guillaud, 1984, citado por Minke, 2001)

México es un país que presenta zonas de riesgo sísmico considerables (figura 2) de donde existen reportes preliminares emitidos por el Sistema Sismológico Nacional que en el año 2010 se registraron un total de 3.425 sismos, siendo el de menor intensidad de 2,3 grados en la escala de Richter y el de mayor intensidad de 6,5 grados. En 2011, un total de 4.168 sismos de donde el de menor intensidad fue de 2,0 grados y el de mayor intensidad fue de 6,7 grados. Para este 2012, con corte al 25 de marzo, se han registrado 1.084 sismos de 2,9 grados el de menor intensidad y de 7,9 grados el mayor.



Figura 2. Regionalización sísmica de la República Mexicana (CFE, 2004, citado por Escamirosa, 2011)

En el estado de Chiapas, México; se encuentran zonas de alta sismicidad, de tipo medio, alto y muy alto riesgo (figura 2); el SSN (Sistema Sismológico Nacional) ha reportado

preliminarmente que del 1 de enero al 21 de marzo del 2012 se han registrado un total de 457 sismos, siendo el de menor intensidad de 3,0 grados y el de mayor intensidad de 6,2 grados; lo que representa arriba de 5,6 sismos diarios dentro del territorio chiapaneco.

2. ANTECEDENTES HISTÓRICOS

2.1. Adobe

La palabra actual que empleamos para designar el adobe proviene del término árabe *attoba*, *al-toba*, *al-tub*, que significa: "ladrillo de barro crudo". El inicio de la construcción con materiales imperecederos se produce cuando el hombre abandona el nomadismo para adoptar unas pautas de vida sedentarias (proceso que comienza a partir del Neolítico). Desde el inicio de esta evolución, los hombres han construido con los materiales que le rodeaban, con aquello que tenían al alcance de la mano. De esta forma, se comprende que al iniciarse el fenómeno de sedentarización en una llanura aluvial (Mesopotamia), casi todas las construcciones se realizaran en arcilla, que era el material edilicio más asequible. Su uso en la construcción se difundió primero a Egipto y al lejano Oriente, pasando después a Europa a través de Grecia y Roma.

El adobe es uno de los materiales de construcción más antiguo y de uso más difundido. El uso de unidades de barro secadas al sol data desde 8000 A.C. (Houben; Guillard, 1994, citado por Blondet, 2003). El uso de adobe es muy común en algunas de las regiones más propensas a desastres del mundo. En general, este tipo de construcción ha sido usada principalmente por la población rural de bajo ingreso económico.

Existen evidencias en la República Mexicana que en la época prehispánica este material ya era conocido y empleado, sobre todo en la construcción de los grandes templos y pirámides precolombinos; ejemplos muy claros observamos en nuestros días con las obras que perduran para su estudio y regocijo; como la pirámide de Cholula, en Puebla (figura 3), construida con una base de 350 mts., su forma es verdaderamente única en Mesoamérica; la pirámide de Cholula superó por su volumen, no por su altura, a la pirámide egipcia de Keops.

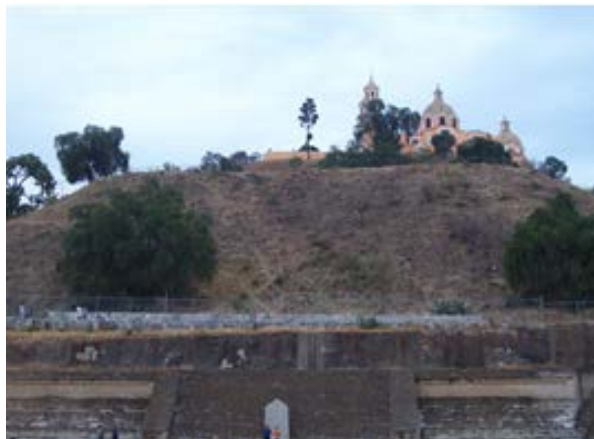


Figura 3. Vista parcial de una de las zonas bajas que han sido 'descubiertas' de la pirámide de Cholula, observándose en la parte alta la construcción de una iglesia (foto del autor)

Otro ejemplo y muestra verdaderamente monumental de la arquitectura precolombina, es la Pirámide del Sol, construido en Teotihuacán, entre los años 50 y 200 d. C., a base de adobe recubierto con piedra volcánica.

2.2. Bajareque

El bajareque es una técnica constructiva que fue empleada por los pobladores de la cultura Maya (figura 4), principalmente para edificar sus viviendas; se asentaron en gran parte de nuestro territorio chiapaneco, así como otros estados del sureste de la República Mexicana y Centroamérica (figura 5).



Figura 4. Códice Maya, mostrando una casa de bajareque (Moya, Víctor, 1988)

Esta técnica también es conocida en la Huasteca mexicana; asimismo, es empleada en diferentes países de Latinoamérica, Europa y África. El nombre de bajareque es reconocido en gran parte de México; en Colombia es conocido como bahareque; en Perú, como quincha; en Brasil, “pau-a-pique”; en Francia se le conoce como torchis; y en lengua Maya se denomina “kolóojché”.



Figura 5. Área de influencia de la cultura Maya (Valverde, 2000)

3. DESARROLLO DE LAS PROPUESTAS

3.1. Adobe sismo-resistente

Basados en las consecuencias que sufren las construcciones de adobe, principalmente ante los movimientos telúricos, los cuales se reflejan en pérdidas y daños en la vida de los seres humanos, así como en la destrucción y daños al contexto natural y edificado, se pretende, básicamente, evitar estas pérdidas de vidas humanas provocadas por el colapso de las construcciones y/o por efectos secundarios y, consecuentemente, reducir los daños y pérdidas del objeto construido.

Adoptamos y adaptamos la propuesta desarrollada en el Perú sobre el adobe sismo-resistente, la cual ha demostrado sus bondades y ventajas ante los efectos sísmicos, tal como lo han comprobado con las pruebas llevadas a cabo en laboratorios partiendo de los resultados de ensayos con modelos a escala natural en un simulador de sismos; demostrando que los elementos de refuerzos vertical y horizontal, combinados con la viga collar previenen las fisuras o fracturas en las esquinas de los muros, manteniendo la integridad estructural y su consecuente prevención de daños a sus habitantes (Blondet et al, 2003).

Retomando los estudios, trabajos, y recomendaciones dadas por el CENAPRED (Centro Nacional para la Prevención de Desastres), México; por Enrique Bazan y otros en 1980; además de los ya citados líneas arriba; tratamos de mejorar el sistema adoptado del adobe sismo-resistente de acuerdo a los elementos que a continuación describiremos.

A).- Cimentación firme y segura a base de mampostería de piedra de la región sobre terreno estable, junteado o asentado con mortero cemento-arena, incluyendo su sobrecimiento para protección de los efectos del agua al muro de adobe (figura 6).

B).- Anclaje del muro reforzado a la cimentación; esto se lleva a cabo mediante la colocación de una varilla corrugada de 3/8" a cada 62 cm ahogada a la mampostería de la cimentación y sobresaliendo 40 cm el cual se introduce el bambú *guadua* de aproximadamente 2" de diámetro (figura 6).

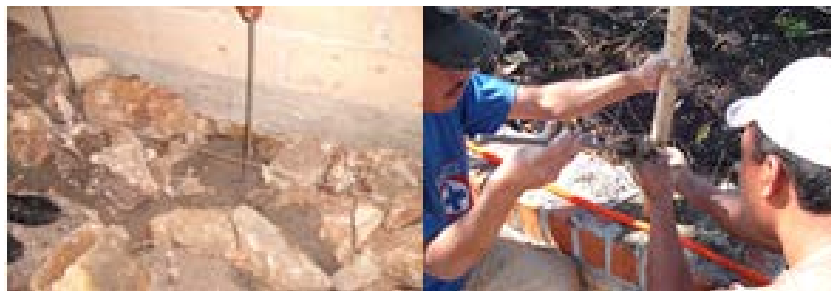


Figura 6. Detalle de anclaje de varilla a la cimentación e "inyección" de mortero cemento-arena al bambú ahogando la varilla dentro del mismo

C).- Refuerzo vertical y horizontal a base de bambú *guadua*, a cada 62 cm en el sentido vertical, y a cada 4 hiladas en el sentido horizontal; el primero se fijará a la varilla corrugada de 3/8" mediante la "inyección" de mortero cemento-arena al bambú, logrando con esto que la varilla quede ahogada dentro del mismo. Así también, en cada cruce del entramado de bambú, se fijarán entre ellos con pijas roscables de 3" de largo (figura 7). Previamente el adobe se elabora con el orificio central de 2" de diámetro o medios círculos en cada extremo según sea el caso de su ubicación.



Figura 7. Detalles de uniones de los refuerzos verticales y horizontales

D).- Contrafuertes en la mayor parte de los cruces de muros, dependiendo de la longitud de cada uno, a base del mismo material y prolongación de los refuerzos horizontales de bambú *guadua*; asimismo, los muros expuestos a la lluvia se protegen con malla gallinera y repello con mortero cemento-cal-arena (figura 8).

E).- Cadena perimetral de 10x30 cm (viga collar) a base de concreto armado con varillas de 3/8" y anilletas o estribos de alambrión de 1/4"; esta cadena se fija y ancla al muro reforzado mediante el enganche de varillas corrugadas de 3/8" a la cadena y ahogada con mortero cemento-arena a los refuerzos verticales de bambú (figura 8).



Figura 8. Contrafuertes, anclaje de refuerzos verticales a cadena y malla gallinera

F).- Fijación y anclaje de estructura de cubierta a base de bambú *guadua* de 3" de diámetro en paquete de dos para lograr una mayor sección en su sentido vertical, este anclaje se obtiene mediante el ahogamiento de varillas roscadas de 3/8" a la cadena perimetral de concreto armado la cual traspasará los bambúes de la estructura para su posterior fijación con tuercas; logrando una cubierta semi-rígida (figura 9).



Figura 9. Fijación con varillas y tuercas de la estructura de cubierta a cadena perimetral y detalle del fieltro asfáltico sobre artesanado de madera

G).- Cubierta ligera AN-3 a base de estructura de bambú *guadua* de 3" de diámetro la cual recibe un artesanado de madera a base de tablas fijado a la estructura con pijas roscables de 2 1/2" de largo, sobre el artesanado se tiende un fieltro asfáltico fijado con tachuelas de 3/4" y corcholatas aplastadas, posteriormente se coloca la cubierta final a base de teja de barro rojo recocido artesanalmente (figura 9). De esta forma se concluye el proceso constructivo más relevante del adobe sismo-resistente quedando terminada la edificación como se muestra a continuación (figura 10).



Figura 10. Adobe sismo-resistente concluido

2.2.- Bajareque mejorado

En esta propuesta se revaloraron los aspectos de identidad y cultura; considerando el valor histórico y cultural que representa no sólo para los chiapanecos y mexicanos, sino para

muchas otras poblaciones en el mundo. Es una propuesta que se enmarca en el desarrollo sustentable como una tecnología apropiada y apropiable por el uso de materiales naturales de la región y el empleo de mano de obra local no especializada; prevalece este tipo de construcciones con los pobladores, particularmente de aquellos de zonas o de origen rural; debido a que sigue siendo utilizado por ellos mismos mediante la transferencia generacional de la técnica.

Debido a las bondades que presenta el construir con esta técnica, se han desarrollado edificaciones de otros géneros arquitectónicos, como por ejemplo: cabañas, aulas, cafeterías, oficinas, casas de salud, capillas, entre otros (figura 16a a la 16d).

Sin embargo, al adoptarla estábamos conscientes de las desventajas técnicas que esta propuesta presentaba ante los constantes embates de la naturaleza; por lo que nos dimos a la tarea de proponer mejoras en cada uno de los elementos constructivos que conforman la técnica del bajareque; de tal suerte que nos permitiera presentar, primeramente, otra imagen de la vivienda diferente a la que comúnmente los pobladores conocían del bajareque tradicional, surgiendo así la propuesta de revaloración de la “**técnica del bajareque mejorado**”.

Además del aspecto formal y espacial que se debía cuidar en la nueva propuesta, se tenía que cuidar el aspecto de la seguridad estructural y la prolongación de la vida útil de la construcción. Así también, con relación a la vivienda progresiva; se tenía que prever un crecimiento progresivo-racional que permitiera a los futuros habitantes-autoconstructores tener una base con la cual pudieran partir y generar nuevos espacios habitables; realizando cualquier ampliación a su vivienda que desearan de manera gradual.

A diferencia del adobe, esta técnica no ha presentado, históricamente, una desventaja ante los movimientos telúricos, no así ante otros elementos naturales como los fuertes vientos, lluvias, tormentas e inundaciones; entre otros. Siendo entonces una estructura, desde sus orígenes, flexible y con cierta resistencia a sismos, situación por la que únicamente le prestamos mayor atención a los sistemas de uniones, traslapes y anclajes; además de las mejoras a todo el sistema para evitar daños causados por la humedad, la flora y fauna nociva.

La propuesta consiste en un sistema modular conformada por una repetición de múltiplos y submúltiplos de 1,50 x 1,50 metros, obedeciendo principalmente a dos factores: **el primero**, se refiere al proyecto arquitectónico, ya que la repetición de estos módulos nos permite generar espacios habitables con dimensionamiento confortable para diversas actividades; **el segundo**, obedece principalmente a las medidas comerciales de los materiales que se encuentran en el mercado de nuestra región, en nuestro caso en particular, nos referimos a la madera de pino, la cual se comercializa en medidas de 2,50 y 3,00 metros de largo, entre otras, por lo que se consideró la medida de 3,00 metros, permitiéndonos rigidizar y estabilizar nuestra estructura al contemplar apoyos verticales a cada 1,50 metros y los largueros de la estructura de la cubierta se ve más reforzada al utilizar largueros a cada 0,75 metros.

Los recursos naturales, materia prima básica para la construcción de este tipo de construcción, es aquella que se encuentra en la misma región, hablamos de: tierra, madera (polines, barrotes y reglas), paja o “juncia”, así como materiales de desecho que se proponen reutilizar: aceite quemado, corcholatas, bolsas de nylon y cañamaíz; éste último se considera así ya que es un material que después de la cosecha del maíz el campesino lo ‘troncha’ y queda tirado en el terreno para alimento del ganado y en muy contadas ocasiones es utilizado para el ensetado de corrales.

Las mejoras que se proponen (tabla 1) proporcionarán que el aspecto de las construcciones refleje seguridad, sanidad, abrigo y estética. En la cimentación se incorpora concreto armado, la estructura con madera tratada, los muros debidamente plomados y alineados unos con otros; para evitar el rápido deterioro de las partes inferiores de los muros se incorpora el rodapié de ladrillo; la cubierta impedirá la infiltración de agua, o en temporadas

de fuertes vientos la infiltración del polvo; la sustitución del piso de tierra, para el caso de las viviendas, es un factor que además coadyuvará al desarrollo de la familia en materia de salud, sumándole el encalado de los muros que sellarán cualquier fisura o grieta en los muros donde se puedan alojar los bichos e insectos dañinos; la modulación generará espacios habitables acordes con cada una de las actividades que se desarrollen en su interior; en sí, mejorará las condiciones de vida de los pobladores de las zonas rurales, sector que se encuentra en desventaja y desprotegido, no sólo en el aspecto económico.

Tabla 1. Diferencias entre la técnica tradicional y las mejoras propuestas

ELEMENTO CONSTRUCTIVO	FORMA TRADICIONAL	PROPUESTA DE MEJORAS
CIMENTACIÓN	“Horcones” de madera sin tratar ‘hincados’ sobre el terreno natural	Polines de madera de pino tratadas con “ACC” (Arsenato de Cobre y Cromo) de 3 1/2”x3 1/2” fijados y anclados a contratrabes de concreto armado mediante soleras estructurales y varillas roscadas (figura 11)
ESTRUCTURA	“Morillos” de madera uniendo los “horcones” y formando la estructura de la cubierta para recibir la cama de reglas o un manojo de “ocuy”, bambú o bajareque	Cerramiento de polines de madera de pino tratados con “ACC” de 3 1/2”x3 1/2” sobre el cual se asientan los largueros a base de barrotes del mismo material de 1 3/4”x3 1/2” reforzados con tirantes de reglas de 3/4”x3 1/2” en ambas caras del larguero (figura 12)
CUBIERTA	Generalmente a base de lámina galvanizada o de cartón, en contadas ocasiones con teja de barro, palma o güano	Sobre los largueros se coloca un ‘artesonado’ de tablas de madera tratada de 12” de ancho que recibirá un fieltro asfáltico y finalmente la teja de barro rojo artesanal; en ocasiones se sustituyen las tablas del artesonado por una combinación de reglas y cañamaíz (figuras 13a y 13b)
MUROS	El ensetado o entramado por lo general es hecho con varas de bajareque atadas con bejuco o alambrito, recubierto con embarro a base de tierra y paja	Primero, un rodapié a base de ladrillo rojo recocido –preferentemente- (clavando corcholatas a los polines verticales en área de rodapié) sobre el cual colocaremos una capa de nylon y a partir de ésta se inicia el ensetado a base de cañamaíz atado con alambrito y cubierto en ambas caras con malla de gallinero No. 25 para recibir el embarro hecho con tierra- arena-cemento-paja (figura 14)
PISOS	Normalmente de tierra, apisonada con algún mazo y agua	Ladrillo rojo recocido artesanal tejido tipo ‘petatillo’ asentado sobre cama de arena y juntado con la misma, laja de piedra, adocreto o piso firme de concreto acabado pulido, en todos los casos el terreno debidamente apisonado y compactado y, para el caso del piso de ladrillo, se coloca un plástico entre la arena y el terreno apisonado (figura 15)
ACABADOS	Encalado de muros en algunas ocasiones	Encalado de muros incorporándole sal y baba de nopal en proporción de 1 cubeta de 19 litros de baba de nopal, 1/2 kg de sal y 8 kg de cal; y por último, se aplica aceite quemado a toda la madera expuesta a la intemperie. (para preparar una cubeta de 19 litros de baba de nopal se requiere llenar la cubeta con agua y 4 pencas de nopal de aproximadamente 20 cm de alto debidamente picadas o en rajadas, dejar que se fermente durante 48 horas y retirar en nopal verificando previamente que el líquido se encuentre ligoso o viscoso (figura 15)

Se recomienda utilizar en la madera retardante contra incendio tal como se señala en las normas mexicanas para la construcción con madera para garantizar la integridad física de sus moradores en caso de un incendio tengan ½ hora de disponibilidad antes de cualquier desastre mayor causado por el mismo.

Esta propuesta es muy flexible ya que podemos sustituir gran parte de los materiales de la propuesta original por otros que presenten características similares y que se encuentren en el lugar donde se llevará a cabo la construcción con esta técnica. Por ejemplo: la madera podrá ser sustituida por bambú (*guadua angustifolia*) mangle, postes de madera para teléfono (de desechos); el ladrillo por adocemento, piedra de pepena o similar o block; la cañamaíz por carrizo, bambú, ocuy, otate, zacate taiwán, bajareque, cañabrava, mangle; la paja por juncia, fibra de coco, bagazo de caña; la teja de barro por fibrocemento, teja de cemento, pintroteja, entre otros.



Figura 11. Contratrabe de cimentación con soleras estructurales ahogadas en donde se fijarán los polines de madera con varillas roscadas y tuercas



Figura 12. Estructura del sistema constructivo, muestras de las dos opciones de artesanado: con madera y mixto, madera y cañamaíz



Figura 13a. detalles de las cubiertas con artesanado y mixto



Figura 13b. Fieltro asfáltico sobre artesanado y teja de barro



Figura 14. Rodapié de ladrillo mostrando las corcholatas en polín de madera y en el área del rodapié, ensetado de cañamaíz cubierto con malla gallinera y embarro



Figura 15. Piso de ladrillo sobre cama de arena, encalado de muros y aceite quemado a la madera expuesta

OBRAS CON LA TÉCNICA DEL BAJAREQUE MEJORADO



Figura 16a. Viviendas acordes al contexto inmediato



Figura 16b. Aulas rurales



Figura 16c. Oficinas y cafetería



Figura 16d. Casa de salud y capilla con técnica mixta

CONCLUSIONES

Regresar la memoria de quienes la hemos perdido, y transmitirla a quienes le era desconocido, es lo que se pretende mediante el rescate y revaloración histórica de técnicas constructivas ancestrales llevadas a cabo por diversas etnias culturales, las que a su vez, en el presente trabajo, se proponen mejorarlas garantizando una mayor vida útil y estabilidad estructural y formal de las construcciones. Con esto se generarán espacios habitables adecuados a las diversas actividades a desarrollar dentro de los mismos.

Sin lugar a dudas y, sin un afán de buscar el divorcio, es recomendable la combinación, en pequeños porcentajes, de materiales industrializados; esto significa que, en la medida que minimicemos o racionemos el empleo de los materiales industrializados -también racionar el de los materiales naturales- en esta medida contribuiremos al cuidado del medio ambiente.

Este tipo de proyectos y propuestas constructivas están orientadas a atender el problema de espacios habitables en las viviendas de las familias asentadas en el medio rural y ruburbano; por lo tanto, tenemos la esperanza que instituciones públicas y privadas encargadas de promover programas habitacionales regresen sus miradas hacia estas propuestas que son viables en lo social, lo económico y lo ambiental.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arce, Bertha et al (2011). en Revista OI DLES, Vol. 5, No. 10, *Sustentabilidad en la construcción de viviendas en Cuba*.

Blondet, Marcial et al (2003). *Construcciones con adobe resistentes a los terremotos: tutor*, edit. Marjorie Greene; EERI.

Dowrick, D. (1990). *Diseño de estructuras resistentes a sismos para ingenieros y arquitectos*. México: edit. Limusa.

Escamirosa, Franco, Coord. (2011). *Manual para la autoconstrucción de viviendas y servicios sanitarios en el medio rural, caso de estudio: Ocuilapa de Juárez, municipio de Ocozacoautla, Chiapas*, UNACH.

López, Arturo, (2006). en Tesis de Maestría, *Vivienda Progresiva con Técnicas Tradicionales Una Respuesta al sector de Ingresos Bajos, Fracc. Yuquis, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.*

Minke, Gernot (2001). *Manual de construcción en tierra.* Montevideo: edit. Nordan Comunidad.

Moya, Víctor (1988). *La vivienda indígena en México y del Mundo.* México: UNAM, Coordinación de Humanidades, 3ª edición.

Tejada, Urbano (1981). *Investigación del adobe en Perú.* Lima, Perú.

Valverde, María del Carmen (2000). *Los Mayas.* México: edit. Tercer Milenio

AUTOR

Profesor-Investigador-UNACH, M. en Arq.-UNAM; autor de Manuales de Autoconstrucción “Mi Casa de Bajareque” y “Aula Rural de Bajareque”; 1er. lugar: “I Concurso Estatal de Tecnologías para la Vivienda en Chiapas”, Medalla de Plata “Primera Bienal de Arquitectura en Chiapas”; 1er lugar en “3er Concurso Nacional de Viviendas con Madera”; Gran premio del “3er Concurso Nacional de Viviendas con Madera”; presentación del bajareque en Bresannone, Italia; Mención de Honor “Séptima Bienal de Arquitectura en Chiapas 2011”.



BÓVEDAS DE ADOBE

Aguirre, Ramón Morales¹; Esquivias, María Eugenia Serrano²

Universidad Nacional Autónoma de México,

¹aguirre30@msn.com, www.arcillayarquitectura.com ²meesquivias@prodigy.net.mx, www.valuacion.com.mx

Palabras clave: Bóvedas, Abobe, Gausa, Nubian

Resumen

La recuperación de sistemas constructivos regionales probados tiene que ser una obligación para la industria de la construcción actual, el propósito de este trabajo es señalar las ventajas del uso de las Bóvedas como parte de una tradición mexicana que se realiza en el centro del país desde hace aproximadamente 200 años y que se mantiene vigente como una tecnología de punta, incluyendo el uso del adobe en ésta técnica de construcción.

El conocimiento y experiencia adquiridos en la construcción con bóvedas de ladrillo durante los últimos 20 años y específicamente con adobe durante los últimos 8 años nos ha permitido comprobar las ventajas para sus ocupantes en cuanto a costos de obra y confort, generando a partir de la formación de arcos más volumen en la misma área construida, reduciendo al mínimo el consumo de energía y por lo tanto generando menos contaminación.

A partir de un comparativo de costos comprobamos que es factible realizar cubiertas con adobe, anexamos ejemplos de viviendas utilizando esta técnica constructiva aprovechando al máximo su potencial a partir de la forma, con el objetivo de difundir la riqueza histórica y cultural de las bóvedas como un elemento adaptable a las necesidades constructivas de hoy (figura 1).



Figura 1. Cierre de bóveda oficina Exaltar Construcciones, Paraguay (Aguirre, 2011)

ANTECEDENTES

Desde los tiempos que el hombre ha tenido conciencia de su hábitat, ha estado presente la tierra como elemento básico para su construcción. Asimismo, como uno de los primeros antecedentes del uso del adobe en la historia, se encuentra Egipto, país en que el arquitecto Hassan Fathy en la zona de Nubia descubrió y se inspiró en las construcciones de techumbres y Bóvedas de adobe de las milenarias construcciones todavía existentes en nuestros días.

Esta técnica de construcción de bóvedas y domos de adobe surge en Nubia, al sur de Egipto de ahí el nombre 'Nubia'. Las bóvedas más antiguas se encuentran en Luxor, y tienen más de 3000 años de antigüedad. Se han utilizado en distintas épocas, como testigos tenemos las bóvedas y graneros de Ramasseum en Gourná, Egipto, todo ello construido durante la Dinastía XIX, alrededor de 1300 a.C. (figura 2).



Figura 2. Bóvedas de adobe antiguas en Egipto.

Fuente: <http://www.institutoestudiosantiguoejipto.com/noticia48.htm>

Hassan Fathy (1900-1989), da relevancia al re-descubrimiento en the Nubian village of Abu el-Rish y es aquí cuando surge un gran cambio al encontrar la técnica de la bóveda de barro utilizada con tanto éxito en la época faraónica. De este modo Fathy pudo después de intentos fallidos en construcción de bóvedas, encontrar un equilibrio en los materiales que evita que se dañen en los terremotos, pudiendo utilizarse en cualquier parte del mundo. Su costo es muy bajo, el adobe resulta ser una cubierta barata que solo implica el precio de la mano de obra, por lo que esta técnica ya probada vuelve a resurgir y se ha generalizado como una solución que aplicada con estética y retomada con creatividad podemos perfeccionar cada vez más, de tal forma que los límites son insospechados inclusive para encontrar formas caprichosas y armonía en la elaboración de las bóvedas, resultando funcionales y bellas en su composición y diseño

LA BOVEDAS DE ADOBE CASO DE MÉXICO

En 1492, con la conquista de América surge la arquitectura Colonial con un conjunto de manifestaciones arquitectónicas muy particulares, mezcla de las otras culturas muy diferentes a la nuestra.

Con la gran influencia católica-religiosa y con las diferentes órdenes religiosas que emanaban del viejo continente en ese momento, aparecen otras formas arquitectónicas. El espacio urbano toma otro sentido y se dan los inicios de un sistema reticular en cuanto al trazo de las ciudades, retomado por los españoles, de los sistemas romanos.

De este modo, la civilización colonial se edifica sobre las ruinas de los pueblos indígenas. En México, las iglesias son del tipo fortificado, de una nave y cabecera poligonal, bóvedas de crucería o cañón, y una gran sobriedad (figura 3).



Figura 3. Bóvedas de revolución. Casa Gabino-Rodríguez, México (Aguirre, 2011).

El renacimiento se instaura en la arquitectura colonial, a finales del siglo XVI. Produciendo en México, ejemplos influenciados por el mudéjar toledano. El barroco, tiene más importancia en la arquitectura colonial que en la península Ibérica, y es esencialmente decorativo. México y Perú son los dos grandes focos del barroco hispanoamericano. El barroco mexicano maneja materiales como la piedra de distintos colores y el yeso, para crear policromías exuberantes en los templos, tanto en el interior como en el exterior. La cúpula adquiere relevancia, y se construye elevada sobre un tambor. La arquitectura colonial del siglo XVII, es la de los conventos y monasterios, construidos según el esquema hispánico, nave única y fachada lateral paralela a la calle

La arquitectura Colonial se distingue principalmente por: 1) Incorporación de diferentes materiales para la construcción, 2) el surgimientos de nuevas formas artísticas, 3) adaptación a las características étnicas y geográficas, 4) edificación de los templos de las órdenes religiosas (Franciscanos y Agustinos principalmente) anteriores a 1570 con influencia gótica en México, 5) en el renacimiento se instituye lentamente y en tres etapas una primera fase influenciada por el gótico, la segunda vinculada con el plateresco, y la tercera fase, con la edificaciones de las grandes catedrales, utilizando elementos decorativos más geométricos, 6) en cuanto al Barroco en Hispanoamérica, México y Perú son las dos ciudades que lo acogen. En cuanto a México hubo un buen manejo de los materiales, como son la piedra y el yeso creando con éstas, ricas policromías. El elemento de mayor importancia fue la bóveda o cúpula, característica de iglesias y templos. (García, 2012).

La construcción de bóvedas de adobe en México es una tradición de muchos años en diferentes zonas de la República Mexicana, sin embargo, su desarrollo se da principalmente en la zona central y occidental, aludiendo su origen a San Juan del Río en Querétaro y Lagos de Moreno en Jalisco (Ramírez, 2004). Sin embargo actualmente este sistema arquitectónico se desarrolla en diversos lugares de México, como Tlaxcala, Toluca, Tequisquiapan y Guanajuato entre otros (figura 4).



Figura 4. Bóveda de adobe en entrepiso. Casa Gabino-Rodríguez, México. (Aguirre, 2011).

LAS BÓVEDA Y SU DIMENSIÓN INTANGIBLE

Las diferentes teorías del diseño, nos hablan de armonía, equilibrio y estética, el cual tienen un aspecto visible pero también algo que no se puede medir a simple vista y que sólo se puede percibir o sentir y son los llamados 'intangibles', así al referirnos a lo intangible podemos definirlo como sinónimo de intocable, impalpable, incorpóreo, inmaterial, invisible, espiritual, etéreo y sutil.

Platón creía que las formas abstractas existían como entidades del mundo de las ideas, con lo cual hacía de las abstracciones algo concreto. Esta confusión persiste hoy en nuestro modo teórico de pensar.

Por otra parte y en cuanto a los impactos psicológicos de las bóvedas se refiere, ahondaremos en el análisis de su forma, la cual es muy variada (podría decirse que caprichosa en la gran mayoría de las edificaciones) dando gusto a cualquier diseño por complicado o diferente que parezca, de tal forma que pueden innovarse múltiples diseños. Un espacio con forma cóncava nos da una sensación de cobijo y protección, si analizamos las formas que subyacen en la gestación de los elementos de la naturaleza, encontraremos la forma de un cascarón de huevo o bien el útero, muy similares a la que tiene una bóveda. Igualmente, las semillas son formas de la naturaleza con las que se inicia o se gesta una vida y son en su mayoría curvas, lo cual trasladado a los elementos y techumbres arquitectónicas en el Hábitat, nos dan esa sensación de confort 'intangible' integrando esas formas de la naturaleza al diseño y si además de ello se hace con justo equilibrio, armonía, estilo, color y textura, crean una agradable sensación en su curvatura leve o pronunciada (según sea el caso), que los habitantes reconocen como un espacio de gran confort y podemos darnos cuenta de esta reacción en los que la habitan o visitan, resultando a final de cuentas una sensación de bienestar.

ADOBE Y SU ECONOMÍA

La construcción con adobe en la arquitectura, resulta ser por demás económica, se ha demostrado que prácticamente es el precio de la mano de obra la que cuesta ya que el material, no lo es tanto. Éste sistema constructivo utiliza el ladrillo (de adobe) de diversas formas: compactado o moldeado y secado, mismo que sirve de guía para la armonía geométrica de la bóveda. De tal forma el ladrillo es uno de los elementos necesarios además del medio de adhesión a partir de la mezcla.

Tanto el material como la mano de obra no implican un costo considerable ya que generalmente se trabaja con materiales de la región reduciendo gastos de transporte, por lo tanto, reduciendo el impacto ambiental. Esta forma de construir es muy sencilla y fácil de aprender.

Los precios del acero y el cemento son especulativos y varían dependiendo de la región y condiciones climáticas, por lo que, difícilmente se puede programar el costo exacto de una obra; en los cuatro sistemas constructivos analizados en la tabla, se ve que el mas económico es el de bóveda de adobe incluyendo el acabado final tanto en el intradós como en el extradós. La mano de obra ha variado muy poco desde 2004 a la fecha, aumento aproximadamente 14%; en el caso de la malla de acero vemos un incremento en el costo de alrededor del 90%.

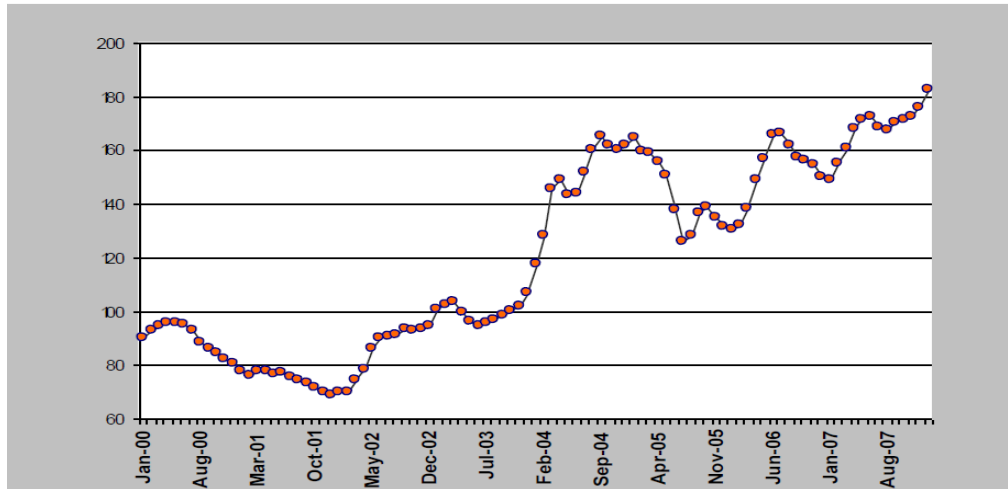
A continuación se muestra una tabla de análisis comparativo de precios unitarios, donde se puede observar claramente que el costo del sistema constructivo con adobe es mucho más económico que otros (tabla 1). Al igual que el gráfico histórico de precios (gráfica 1).

Tabla 1. Análisis comparativo (precios unitarios de construcción 2012)

AÑO	análisis comparativos de los diferentes sistemas constructivos											
	LOSA DE HORMIGON 18 CM DE ESPESOR			VIGUETA Y BOVEDILLA 28 CM DE ESPESOR			BOVEDA DE LADRILLO			BOVEDA DE ADOBE		
	2004	2008	2012	2004	2008	2012	2004	2008	2012	2004	2008	2012
MATERIALES	COSTO	COSTO	COSTO	COSTO	COSTO	COSTO	COSTO	COSTO	COSTO	COSTO	COSTO	COSTO
VIGUETA				68.20	74.00	108.32						
BOVEDILLA				77.70	86.00	95.88						
HORMIGON ARMADO	272.27	285.00	325.00	136.06	145.00	156.00						
MORTERO							64.39	75.20	85.10	15.00	20.00	26.00
LADRILLO 8 X 18 X 28							77.40	79.52	80.70			
MADERA	76.30	79.00	85.00	24.47	25.00	36.00	12.02	15.25	18.50			
METAL DESPLEGADO				26.10	28.10	35.05						
ACERO	106.38	110.00	126.00	28.80	32.00	38.40						
MALLA ELECTROSOLDADA							12.40	16.00	22.00	12.40	16.00	22.00
CALHIDRA										20.15	24.00	35.00
YESO	69.84	72.00	95.00	69.84	72.10	85.00						
TIERRA CONCAL										25.00	35.00	40.00
PINTURA	26.30	35.00	40.00	26.30	28.00	35.00						
IMPERMEABILIZANTE	87.07	90.00	96.44	87.07	90.00	96.44	96.36	96.70	112.00	85.00	95.00	110.00
MANO DE OBRA	230.00	240.00	250.00	186.00	200.00	228.00	240.00	250.00	270.00	240.00	250.00	270.00
precios unitarios	868.16	911.00	1,017.44	730.54	780.20	914.09	502.57	532.67	588.30	397.55	440.00	503.00

RESUMEN			
	2004	2008	2012
LOSA DE HORMIGON	868.16	911.00	1017.44
VIGUETA Y BOVEDILLA	730.54	780.20	914.09
BOVEDA DE LADRILLO	502.57	532.67	588.30
BOVEDA DE ADOBE	397.55	440.00	503.00

CUADRO DE ANALISIS DE COSTOS DE CONSTRUCCION COMPARATIVO



Fuente: CRU Steel Price Index. Diciembre de 2007.

Gráfica 2. Histórico de precios

SISTEMA CONSTRUCTIVO DE BÓVEDAS DE ADOBE

Actualmente hemos desarrollado el sistema constructivo de cubiertas de adobe con algunas variantes, más allá de pensar que el adobe por sus características sea un material débil para hacer cubiertas, pensamos que estas son una ventaja porque podemos manipularlo de muchas formas, siempre y cuando trabajemos dentro de las compresiones como lo hacia el Arq. Antonio Gaudi con las bóvedas catalanas.

“El adobe tiene un módulo de elasticidad menor que el hormigón, lo que es una ventaja y no un inconveniente, porque da a la estructura una mayor adaptabilidad a las deformaciones. El riesgo del pandeo, si existiera, puede obviarse usando soluciones como las que empleamos en las cascaras gausas, que incrementan muy poco el peso y la altura” (Dieste, 2009, p. 120).

Creemos que construir cubiertas de adobe es una alternativa que esta al alcance de cualquier persona, el proceso constructivo es muy repetitivo colocar hiladas una sobre otra formando siempre arcos. Permite su colocación de manera continua y evita la utilización de cimbra por lo que consecuentemente se reduce el costo de la bóveda, al no requerir de varilla ni un acabado adicional al interior, ya que las posibilidades de colocación del adobe o ladrillo permiten formar diferentes texturas (figura 5).



Figura 5. Bóveda Gausa de adobe, México. (Aguirre, 2011)

CONCLUSIONES

Este sistema constructivo da pauta a muchas ventajas desde diferentes dimensiones, una de ellas es la de no afectar al medio ambiente; su construcción es realmente rápida con un mínimo de asesoría y supervisión, toda vez que un albañil y su ayudante sin herramientas sofisticadas pueden realizar este tipo de cubiertas, adquiriendo, en base a la práctica la destreza necesaria para construirlas, así, a diferencia de otro tipo de cubiertas que requieren herramientas y equipos más especializados como las losas de hormigón armado; los costos de los materiales se reducen considerablemente, siendo el gasto más importante el de mano de obra.

Depende del arquitecto o constructor la aportación de una propuesta innovadora y funcional adecuada a sus habitantes, así como realizar un diseño que basado en la creatividad dé cómo resultado una vivienda digna, un espacio con todo el confort y estética sin importar que sea un sistema constructivo sin concreto y acero.

Quizá este sistema constructivo no sea la panacea, pero sin duda representa una opción viable de edificación con bóvedas de adobe, ya que hemos comprobado que se pueden construir claros entre seis y siete metros con adobes de 10 cm. de espesor, así como en entre pisos con bóvedas muy rebajadas, Y la mayor ventaja que se obtiene, es que al utilizar materiales regionales no dependemos de los monopolios del cemento y el acero.

REFERENCIAS

Dieste, A. (2009). *La invención inevitable. Eladio Dieste*, Cachimba del Piojo, Uruguay.

García, L. (2012). *La Conquista de América. Arquitectura Colonial*. Rep. Dominicana. Disponible en: <http://www.arqhys.com/articulos/americ-a-arquitectura.html>

Ramírez A. (2004). "Arquitectura propia. Cubiertas de ladrillo 'recargado' (1)", Abril, *Portal Vitruvius*. Disponible en http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq047/arq047_03_e.asp

CURRÍCULUM

Arquitecto Ramón Aguirre Morales. Egresado de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), posgrado en cubiertas ligeras UNAM, director de la firma Arcilla y Arquitectura, miembro de la Red Proterra, Instructor de talleres y conferencias en México, Cuba, Argentina, España, Guatemala, Uruguay, Colombia, Brasil, Paraguay entre otras, 20 años en investigación y construcción de Bóvedas Mexicanas. www.arcillayarquitectura.com

Arquitecta María Eugenia Esquivias. Egresada de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) Maestría en Valuación Inmobiliaria e Industrial, Representante en México de: 'The International Association of Assessing Officers' (IAAO) USA, Directora de Corporación Internacional de Avalúos, S. A. de C. V. Especialidades en diferentes disciplinas de valuación: avalúos de inmuebles, industriales, agropecuarios y Negocios. www.valuacion.com.mx



PRODUÇÃO DE ADOBES: VISÃO DE TRABALHADORES ENVOLVIDOS EM DUAS SITUAÇÕES DE OBRA EM PIRACAIÁ/SP

Joaquim, Bianca dos Santos¹; Lopes, João Marcos de Almeida²

- (1) Aluna do mestrado – Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, Avenida Trabalhador São-Carlense, 400, São Carlos/SP, 19-9274 5444, bjaquim2@yahoo.com.br
(2) Professor Associado - Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo – Avenida Trabalhador São-Carlense, 400, São Carlos/SP, 16 3373-9311, jmalopes@sc.usp.br

Palavras-chave: adobe, trabalhador, produção, mecanização

Resumo

A produção de adobes costuma ser tratada como uma atividade de vocação essencialmente artesanal. Geralmente os blocos são modelados um a um ou aos pares, conforme o tipo das formas, objetivando atingir uma produção que se alça à escala dos milhares de unidades. A terra utilizada na modelagem deve estar em estado plástico e, para se alcançar tal consistência, via de regra é esforço humano intensivo, combinado ou não com o uso de máquinas, que deve ser empregado. Considerando as dificuldades comumente encontradas em um canteiro de obras e procurando compreender se tais dificuldades são ampliadas ou não no caso de uma obra construída com terra, este artigo pretende apresentar a visão de trabalhadores envolvidos na produção de adobes. Para tanto será desenvolvida uma reflexão crítica, sustentada por uma análise qualitativa, realizada a partir de entrevistas feitas com operários que participaram da fabricação destes blocos para duas residências unifamiliares que estão sendo construídas em Piracaiá/SP. No artigo serão apresentadas as soluções de canteiro adotadas pelos trabalhadores, bem como as dificuldades encontradas ao longo da produção. Também serão abordadas a questão da remuneração e a opinião pessoal destes trabalhadores sobre a técnica de construção com terra aqui tratada.

1. INTRODUÇÃO

A terra como material de construção vem sendo anunciada como capaz de atender a demandas do setor construtivo com redução significativa de impactos ambientais. Trata-se de matéria prima farta, frequentemente disponível no local da obra, que requer baixo consumo de energia para produção/transformação, que não leva queimas e que, portanto, emite quantidades mínimas de CO₂. Em termos de implicações no ambiente construído, pode proporcionar excelente conforto térmico e acústico, além de contribuir para a regulação da umidade nos ambientes. Ao final de seu ciclo pode ser descartada sem prejuízos de contaminação de solo e água, é reabsorvida rapidamente pelo ambiente ou então, pode ser reciclada, voltando a ser barro para preparação de novos elementos construtivos.

No Brasil, o uso da terra na construção de edificações ocorreu após o início da colonização portuguesa. Não há indícios de que os povos nativos utilizassem o solo para construir: valiam-se da madeira, de folhas e fibras em suas construções.

A inserção de técnicas de construção com terra teria ocorrido já no início do estabelecimento dos portugueses. Ainda nos primórdios da ocupação, com a exploração do interior por bandeirantes, “imperou a taipa de pilão” (Lemos, 1979). A razão era de ordem econômica: “no planalto dos campos de Piratininga não havia pedra à vista e nem cal” (Lemos, 1979).

As técnicas de construção com terra foram aos poucos se difundindo, recebendo ainda contribuições da imigração africana e mais pontualmente das recentes imigrações alemã e japonesa. Como afirma Weimer (2005), “durante quatro quintos da história de nosso país a terra se constituiu no material de construção mais importante”.

A importância da arquitetura de terra ultrapassa questões históricas. Ainda hoje, um terço da população mundial vive em estruturas construídas com terra. Para Correia (2006) essa realidade prevalece para as regiões rurais. Para Weimer (2005) este dado não possui comprovação científica, entretanto, por ser apresentado por tantos autores – entre eles Paul Oliver, Jacques Mullender, Hans Wichmann – corrobora a importância deste material de construção.

Não obstante, a construção com terra vem sendo empregada para além da arquitetura vernacular. O arquiteto alemão Gernot Minke, além de promover grande divulgação por meio de cursos e oficinas que ministra em diversos países, é autor de vasta obra construída com terra. No sudoeste dos Estados Unidos, por exemplo, arquitetos como Ricky Joy e David Easton são responsáveis por diversos projetos que se valeram do solo como material de construção e continuam bastante ativos (Correia, 2006).

Um exemplo marcante do resgate pelo qual a arquitetura de terra vem passando é o projeto vencedor do concurso 'A house in Luanda', da Trienal de Lisboa de 2010, onde os arquitetos Pedro Sousa, Tiago Ferreira, Tiago Coelho, Bárbara Silva e Madalena Madureira (Jordana, 2010) conceberam um projeto de habitação social cujo sistema construtivo é a taipa de pilão.

No Brasil, mais especificamente no estado de São Paulo, existe uma demanda, ainda que bastante pequena, para a construção de residências unifamiliares onde são empregadas tecnologias de construção com terra. Arquitetos como Paulo Montoro, Maxim Bucarechi, Eduardo Salmar N. Taveira, Márcio V. Hoffmann, Fernando C. N. Minto, André F. Heise, entre outros, são autores de projetos de arquitetura em terra desenvolvidos no estado.

Justamente em virtude dessa nova presença das experiências de construção com terra e considerando que um dos principais intuitos das pesquisas e dos congressos de arquitetura e construção com o material é estimular o crescimento da aplicação das tecnologias que lhe são próprias, parece-nos fundamental considerar a situação dos trabalhadores envolvidos neste tipo de produção.

Dada a altíssima frequência das situações de intensa exploração no setor da construção civil no Brasil e considerando o caráter fortemente artesanal da construção com terra, faz-se necessário conhecer a opinião de trabalhadores envolvidos nos canteiros que empregam tais sistemas construtivos.

O intuito é compreender se as dificuldades frequentemente enfrentadas pelos operários em obras convencionais se repetem ou até mesmo se agravam em obras onde o solo é aplicado como material de construção. Para este trabalho será avaliada mais especificamente a produção de adobes¹.

Assim sendo, tomaremos dois casos de produção de adobes ocorridos entre 2009 e 2010, para atender às demandas de duas obras distintas em um mesmo loteamento em Piracaia/SP, onde realizamos entrevistas com os trabalhadores que assumiram as empreitadas de fabricação dos blocos.

As informações coletadas servirão como base para uma reflexão crítica, sustentada por uma análise qualitativa a respeito da tecnologia de construção com terra em questão, o adobe². Para tanto, serão apresentados os relatos das conversas realizadas com os trabalhadores e em seguida algumas ponderações sobre os procedimentos empregados.

2. SOBRE OS CANTEIROS DE PRODUÇÃO DE ADOBE CONSIDERADOS

2.1 Caso A

Trabalhador responsável: Francisco Canindé Crispim Gonçalo / Local: Loteamento Ecovila Clareando, Piracaia/SP

O primeiro caso ocorreu entre maio e junho de 2009. Trata-se de uma produção de 7 mil adobes que foram aplicados em alvenaria de vedação de uma residência unifamiliar. A fabricação dos blocos se deu em lote distante cerca de 300 m da unidade residencial que os recebeu. A terra utilizada em sua confecção era de origem externa ao loteamento (comprada). Para a produção fez-se uso de uma máquina denominada *maromba*, de propriedade do coletivo de moradores do loteamento em que a residência está inserida. A equipe que cuidou da fabricação dos adobes não foi a mesma que os assentou posteriormente. Ao final da produção, foi necessária a contratação de um serviço de transporte que encareceu consideravelmente o preço final do produto.

2.2 Caso B

Trabalhador responsável: Miro Gabriel / Local: Loteamento Ecovila Clareando, Piracaia/SP

O segundo caso ocorreu entre setembro e novembro de 2010. Foram produzidos 3 mil adobes que posteriormente foram aplicados em alvenaria de vedação de uma residência unifamiliar. A modelagem dos blocos foi realizada no canteiro de obras da unidade residencial que os recebeu. A terra utilizada na confecção dos blocos foi obtida na terraplenagem do próprio lote. Também aqui foi utilizada a *maromba* coletiva, propriedade dos moradores do loteamento. O equipamento foi transportado para o canteiro de obras e a equipe que cuidou da fabricação dos adobes foi a mesma que os assentou posteriormente.

2.3 A *maromba*



Figura 1. *Maromba* do loteamento localizado em Piracaia/SP (Foto: Bianca Joaquim, 2009)

A *maromba* é um equipamento oriundo da indústria cerâmica (figura 1). Possui um eixo central horizontal rotacionado por um motor elétrico. Neste eixo estão fixadas pás distribuídas em helicoidal, de maneira similar a um parafuso. Este sistema é encerrado por um tubo cilíndrico com duas aberturas. A entrada fica ao lado do motor, virada para cima, para receber as matérias primas. A saída fica na ponta oposta, como continuação do cilindro e possui uma abertura afunilada, de seção retangular, onde a massa sai por extrusão, quando alimentada de maneira adequada, conforme se aplica na indústria cerâmica. Dentro da máquina as matérias primas são misturadas, revolvidas e empurradas para a saída.

No caso do uso desta máquina para a produção de adobes, algumas diferenças funcionais devem ser apontadas em relação ao seu uso numa linha de produção de material para a cerâmica queimada: em primeiro lugar, a massa não entra na *maromba* através de esteira alimentadora, dispondo-a pré-misturada e já com o teor de umidade adequado. Em segundo lugar, a alimentação da *maromba* ocorre em menor velocidade – porque realizada manualmente – o que não permite o aproveitamento da função extrusora da abertura por onde sai a massa.

Além disso, a massa de adobes não fica pronta com apenas uma passagem pela máquina. A massa não entra na *maromba* após ser misturada por outros maquinários e processos, conforme ocorre na planta industrial: os elementos entram secos e precisam ser umedecidos e homogeneizados para atingir o ponto ideal para modelagem. Por isso é necessário recolocar o material na *maromba* para ser misturado por uma segunda vez – e, em muitos casos, por uma terceira vez.

2.4 Orientações aos trabalhadores

Um dos autores deste artigo, a arquiteta Bianca Joaquim, forneceu aos trabalhadores orientação prévia acerca da produção de adobes. Nos dois casos foi realizada uma reunião em canteiro antes do início da fabricação dos blocos e no caso B foi realizada uma nova visita no decorrer do processo.

As reuniões prévias duraram de três a quatro horas. Nesta ocasião a arquiteta e os trabalhadores viraram massa de adobe no intuito de exemplificar o ponto de umidade e apresentar o aspecto plástico que a terra deveria ter para tornar possível a modelagem dos blocos. A partir desta mistura foram modeladas algumas unidades de adobes.

Como cada barro possui granulometria específica, realizaram em conjunto duas a três diferentes misturas de terra e outros elementos estabilizantes (areia, esterco e palha). Desta forma obtiveram os primeiros testes de campo, necessários para se chegar à massa que deveria ser empregada na produção. Os trabalhadores foram orientados para avaliar os resultados e realizar novos testes por conta própria.

Em complemento, a arquiteta apresentou noções sobre construção com terra em geral, além de informações e vídeo sobre as produções em Bichinho, distrito de Prados/MG onde há dois adobeiros em atividade.

3. INFORMAÇÕES COLETADAS NAS ENTREVISTAS

Partindo do princípio de que tecnologia transcende a mera execução de uma técnica e se coloca como *processo social* (Pinto, 2005) optamos por expor todo o conjunto de informações fornecidas pelos trabalhadores. Assim sendo, seguem descritas as etapas da fabricação de adobes de cada trabalhador, as observações e pormenores que foram apresentadas ao longo dos relatos bem como suas opiniões pessoais acerca da tecnologia. Além disso, informações que contextualizam as características de cada produção, coletadas em visitas ao local, delinearão situações e fatos que nos parecem relevantes.

3.1 Caso A – Relatos de Francisco Canindé Crispim Gonçalves

Francisco, mais conhecido pelo segundo nome, Canindé, é pedreiro e carpinteiro. Nasceu no Rio Grande do Norte e mora em Piracaia/SP. Foi responsável por uma produção de adobes que ocorreu entre maio e junho de 2009.

Para atender à demanda encomendada de 7 mil adobes, contou com uma equipe que variou entre 2 e 4 componentes. Na maioria dos dias havia 3 pessoas trabalhando.

O canteiro de produção foi estabelecido em um espaço reservado para a fabricação de adobes, localizado num lote comunitário, no mesmo loteamento da residência que encomendou os blocos, distante cerca de 300 m. Neste lote havia sido instalada a *maromba*, equipamento de uso coletivo dos proprietários do loteamento que contava com um regimento que recomendava o uso de materiais de menor impacto ambiental. O lugar também comportava pouco mais que uma dezena de prateleiras metálicas destinadas ao armazenamento de adobes.

Como o local não era usado há algum tempo, Canindé precisou preparar o terreno: carpiu, tirou pedras, criou e nivelou pistas de produção, forrou-as com areia, abriu valas laterais para o escoamento da água de chuvas, entre outras providências.

Apesar de não estar na época de chuvas mais frequentes, foi necessário prever uma estrutura de proteção pois a região apresenta alto índice pluviométrico. Canindé valeu-se de coberturas improvisadas com lonas plásticas, amarradas e tensionadas sobre a área onde foram sendo acomodados os adobes recém modelados. Como o loteamento situa-se em local alto e bastante descampado, as lonas frequentemente rasgavam ou eram arrancadas pelo vento.

Além de proteger de precipitações, a cobertura também foi útil para proteger os adobes da incidência direta de raios solares. Canindé relata que os adobes trincavam mais facilmente quando expostos diretamente ao sol.

A terra utilizada na produção de adobes era de origem externa: foi encomendada diretamente com caminhoneiros que transportavam solos oriundos de 'bota-foras' de serviços de terraplenagem.

Além da terra, foram utilizados areia, esterco e pó de serra, agregados na massa de modelagem dos adobes. A areia foi adquirida em depósitos de materiais de construção. O esterco foi comprado de um sítio vizinho ao loteamento. O pó de serra foi aproveitado de uma compra para obra anterior, para a qual se desistiu de empreendê-la com adobes.

Na entrevista que realizamos, Canindé descreveu os passos do processo de produção, conforme segue:

- Peneiravam a terra em um 'peneirão', mediam e separavam as quantidades de todos os materiais utilizados na mistura: terra, areia, esterco e pó de serra.
- A preparação da massa era realizada por máquina. Na operação da *maromba*, adicionava-se primeiro uma quantidade de água, depois os demais itens (terra, areia, esterco e pó de serra), por fim mais água, conforme necessidade.
 - Canindé ressaltou que era essencial adicionar água antes dos agregados e particulados secos pois do contrário as pás da máquina travavam.
 - Na opinião do trabalhador, a massa precisava passar duas vezes pela *maromba* para ficar homogênea. Portanto, após a primeira saída da massa, a mesma era recolocada na máquina para atingir sua consistência ideal. Por vezes, mais água era adicionada nesta segunda fase da preparação da massa.
- A massa pronta ia do chão ou do carrinho posicionado abaixo da saída da *maromba* para a bancada de trabalho. Eles contavam com duas pequenas bancadas para trabalhar na modelagem dos adobes. A *maromba* estava posicionada ao lado das mesmas.
- Para a modelagem do adobe procediam da seguinte maneira: molhavam a forma, passavam-na na areia, para depois preenchê-la com a massa de adobe, numa lançada única do material.

Seguindo estas etapas, considerando a aplicação da mão-de-obra de três pessoas, produzia-se entre 250 e 270 unidades de blocos por dia. Na equipe com 4 trabalhadores, a quantidade fabricada ultrapassava 300 unidades.

A cada 3 dias enchiam o terreiro reservado à acomodação dos adobes. Canindé conta que já neste momento era necessário reorganizar os blocos e que, mesmo com pouco tempo de moldagem, conseguia manipulá-los quase sem perdas. Quando ocorria alguma perda – por amassamento ou deformação devido à movimentação –, Canindé encaminhava a massa do bloco perdido de volta ao início do processo, a qual era novamente revolvida e reprocessada na *maromba*.

Passados mais alguns dias desde a modelagem, era possível acomodar os adobes também nas prateleiras metálicas existentes no local. Francisco Canindé relata que as prateleiras liberavam espaço, mas que era muito trabalhoso colocar os blocos em tal estrutura. Reclamou que era necessário encurvar-se para realizar tal tarefa, que era incômodo, certamente por serem prateleiras muito profundas.

As ferramentas usadas na produção foram as seguintes: peneirão, enxada, pá, fôrma, régua, carrinho, latão, pá reta pequena. Algumas considerações sobre alguns dos objetos:

- O peneirão é um quadro retangular confeccionado com caibros e tela metálica (tela de galinheiro);
- A fôrma de adobes era de madeira e não tinha fundo. Para transportar o adobe recém modelado para o local de desforma, a fôrma era levada de lado. De um dia de trabalho para o outro era deixada dentro do latão de água pois saturada promove uma desforma mais fácil dos blocos.
- A régua era uma barra pequena que auxiliava na retirada do excesso de massa da fôrma de adobe;
- A pá reta tinha um cabo curto e servia para empurrar a massa que embolava na *maromba*.

Ao final da fabricação dos adobes, por não ter sido realizada no próprio lote, foi necessária a contratação de um serviço de transporte. Francisco conta que a cliente reclamou que este serviço encareceu o custo do adobe consideravelmente. Foram feitas algumas viagens de caminhão e trator para transportar todos os 7000 blocos.

Com relação às perdas de produção, Canindé relata que foi razoavelmente pequena a quantidade de blocos descartados – se comparada ao montante da produção e que ocorreram em momentos específicos: por exemplo, no começo da produção, quando se avaliavam as possíveis misturas para acertar o traço da massa mais apropriada a ser utilizada na fabricação dos adobes. Neste processo, diversos blocos acabaram trincando e tiveram de ser descartados.

Outro evento que provocou perdas significativas foi a ocorrência de tempestades que arrancaram as lonas das coberturas. Como já mencionado anteriormente, o loteamento encontra-se em local alto, com bastante incidência de ventos fortes. De qualquer modo, apesar das consequências, a situação não fugiu ao controle.

Quanto à remuneração, Canindé cobrou R\$700,00 reais pelo milheiro. Logo em seguida, apareceu uma nova demanda, para produção de adobes. Por conhecer a rotina de produção, ajustou o valor para R\$850,00 reais o milheiro. Mas, diante da relutância por parte dos clientes, o trabalhador acabou retomando sua especialidade profissional, atuando como carpinteiro em obras de grandes construtoras.

Uma das grandes complicações da produção foi a dificuldade de encontrar e manter os ajudantes na composição da equipe. Canindé relata que os trabalhadores que abandonaram a atividade mencionavam que a tarefa era pesada. Por vezes reclamaram da ‘sujeira’ do barro ou do cheiro do esterco. O valor da diária paga aos trabalhadores da equipe não foi levantado, portanto não é possível avaliar se o montante pago pelo serviço estava relacionado à sua rejeição – uma vez que, via de regra, nenhuma instância de serviço na construção civil pode ser considerada suficientemente ‘limpa’ ou totalmente isenta de mau cheiro.

Após conversarmos sobre soluções de produção em geral, partimos para as perguntas que implicavam na opinião pessoal de Canindé acerca da tecnologia adobe.

Canindé respondeu que a fabricação dos adobes lhe pareceu uma produção de média dificuldade, que não era nem pesada nem leve e que lhe parecia segura, em relação à integridade dos trabalhadores.

Estimulado a exprimir suas impressões, o trabalhador revela que a atividade é pesada no momento da operação da *maromba*, quando é necessário recolher, a partir da aplicação de esforço físico, a massa expelida pela máquina para que seja revolvida por uma segunda vez e atinja sua consistência ideal. Francisco conta inclusive que houve algumas situações em que, lá pela quinta ou sexta feira, paravam a produção um pouco mais cedo. Disse que o cansaço da produção acumulava-se ao longo da semana.

Sobre a segurança, a principal questão relacionava-se à operação da *maromba* – que tem boa parte do seu sistema de ‘amassamento’ fechado, mas que na abertura para a inserção dos componentes da massa, não há obstáculo ao acesso às pás que cortam e revolvem a massa.

Não seria necessário nenhum contato com esta parte se a massa já chegasse recém misturada e umidificada, como ocorre na indústria cerâmica. Mas, como a *maromba* era utilizada como *misturadora*, os elementos entravam secos e por vezes embolavam ou até travavam as pás da máquina. Nestes momentos, é necessário empurrar a massa já dentro da máquina com uma ferramenta, a pá reta pequena.

Francisco contou que não lhe parece perigosa esta interação, mas que já levou alguns sustos quando a máquina dava um tranco ao retomar sua rotação. Por esse motivo e por achar que era necessária certa cautela, conta que preferia assumir ele mesmo a tarefa de operá-la.

Ainda sobre a *maromba*, Canindé conta que não a conhecia anteriormente e que, mesmo sendo pesado recolocar a massa na máquina, ainda acha menos cansativo e mais produtivo que virar a massa de adobe com os pés – o modo tradicional de trabalhar a mistura que será utilizada na produção.

Sobre o resultado, o trabalhador conta que ficou satisfeito. Disse ter gostado do aspecto dos blocos em si e da parede depois de pronta. Questionado sobre o que acha da durabilidade, diz que acredita que os blocos deverão “durar muito tempo”, ainda mais por serem assentados protegidos da chuva e da umidade.

Sobre a tecnologia, revela que não conhecia o adobe antes, apenas o pau-a-pique, técnica da qual era feita a casa que morou na sua infância e juventude.

Ao ser questionado se moraria em casa de adobe, Canindé responde prontamente que sim, afinal já morou “em casa de barro.” Com a pergunta reformulada, considerando se fosse construir sua própria casa hoje, se produziria adobes ou se preferiria comprar blocos, respondeu que compraria blocos cerâmicos, pois o adobe acaba saindo “bem mais caro”.

3.2 Caso B – Relatos de Miro Gabriel

Miro é construtor, nasceu e mora em Piracaia/SP. A produção de adobes pela qual foi responsável ocorreu em 2010, entre os meses de setembro e novembro, totalizando pouco mais de dois meses de atividade. O trabalhador havia acabado de assumir a obra da residência que faria uso dos blocos de terra e acabou abarcando também a empreita da fabricação dos mesmos. A encomenda era de 3.000 adobes e o plano era fazer uso da terra dos cortes da terraplenagem do patamar onde seria construída a casa. Para a empreita contou com mais dois trabalhadores.

Como já vimos, o loteamento onde a obra está inserida conta com um lote comunitário reservado à fabricação de adobes, além de outras atividades. Em virtude das experiências anteriores, em que a produção de adobes foi realizada neste local, ficou claro o quanto o transporte dos blocos até o lugar de sua aplicação encarecia consideravelmente os custos com o elemento construtivo básico. Assim, proprietário, empreiteiro e arquiteto decidiram produzir os adobes no próprio canteiro da residência em construção.

Para isso, a *maromba* foi levada até o terreno, transportada por um trator. Como seu motor elétrico é trifásico e como a instalação elétrica do lote não dispunha de três fases, foi necessário negociar o uso da eletricidade de lote vizinho, que possuía instalação de entrada de energia compatível.

Os adobes em questão seriam usados para a vedação de residência construída com estrutura mista de madeira e taipa de pilão. Os blocos interagiriam com ambos os tipos de estrutura. A terra do local seria utilizada tanto para a estrutura em taipa quanto para os adobes.

Miro relata que no início da produção dos adobes foi bastante difícil acertar uma mistura adequada para a massa. O solo do local era bastante argiloso e estabilizá-lo com areia não foi suficiente: os blocos, assim que saíam das formas, logo trincavam. Ao longo de um mês fez diversos testes e misturas. Experimentou diversas proporções de barro e areia. Tentou adicionar esterco. Mas foi com o pó de serra que obteve sucesso, chegando a uma proporção mais adequada, que resultou em blocos sem trincas e aparentemente bastante resistentes.

O processo de produção dos blocos foi descrito por Miro conforme as etapas que seguem:

- Mensuravam as proporções de barro e pó de serra com carrinho e misturavam a seco os elementos antes de colocá-los na máquina para serem misturados e revolvidos.
- Ao acionar a *maromba*, colocavam primeiro água e depois os elementos secos, pois do contrário as pás travavam a máquina, que parava de funcionar.
- A mistura passava pela *maromba* 3 vezes. Na primeira a massa saía da máquina numa consistência mais úmida que o ideal. Inseriam mais barro e pó de serra na segunda vez para alcançar o ponto de umidade ideal. Revolviavam a mistura por uma terceira vez para que a massa ficasse o mais homogênea possível.
- A *maromba* lançava a mistura no chão. Para retorná-la à máquina ou para colocá-la sobre a bancada, que ficava ao lado, usavam uma pá.
- Para a modelagem, contavam com uma bancada grande, sobre a qual, além da massa, havia uma bacia grande de água, um amontoado de areia e outro de pó de serra;
- Como um dos trabalhadores demonstrou maior habilidade com a modelagem, acabou ficando responsável pela atividade, enquanto os outros dois cuidavam de desformar os adobes no terreiro de secagem e de abastecer a bancada com materiais. Cabe salientar que havia apenas duas fôrmas disponíveis para todo o processo de fabricação dos blocos;
- Antes da modelagem, a fôrma era molhada e envolvida com areia;
- O adobe era modelado numa única lançada de massa à fôrma. Jogava-se um 'bolo' previamente envolvido com pó de serra.
 - O cuidado duplicado com a diminuição da aderência da massa à forma (areia e pó de serra) conferiam um desforme facilitado dos adobes.
- A fôrma não tinha fundo e ficava apoiada sobre a bancada. Após o lançamento do 'bolo de massa', o excesso era cortado com um arame esticado, amarrado a dois pedaços de madeira. Para transportar o bloco recém modelado ao local de desforma, a fôrma era agilmente virada de lado.
- O adobe era levado de lado ao local onde seria acomodado para secar e para desformar bastava virar a fôrma de maneira a permitir que o bloco deslizesse.

Miro conta que viravam três 'masseiras' no dia. Cada uma delas rendia cerca de 70 adobes. Portanto a produção chegava a pouco mais de 200 adobes por dia.

O trabalho com a *maromba* requirava esforço físico bem maior que as outras atividades da produção de adobe. Para reabastecer a máquina usavam uma pá. Era necessário erguer a mistura molhada e pesada desde o chão/carrinho até a abertura de alimentação. Por esse motivo revezavam as atividades de 'virada' da massa e modelagem dos adobes.

Com relação às ferramentas utilizadas, além da pá, contavam com latões, uma bacia, carrinho, duas fôrmas metálicas, uma peça de caibro de aproximadamente um metro de comprimento, um pedaço de arame esticado enrolado em dois tocos de madeira. Cabem aqui algumas considerações a respeito de algumas das ferramentas utilizadas:

- as fôrmas utilizadas eram metálicas, não tinham fundo e modelavam um adobe por vez. Miro ressalta que a fôrma metálica tem a vantagem de não despregar nem empenar;

- a peça de caibro, de aproximadamente um metro, era uma ferramenta auxiliar à operação da *maromba*: servia para empurrar a massa que embolava na máquina no momento da alimentação da mesma;
- o pedaço de arame esticado enrolado em dois tocos de madeira era utilizado para cortar o excesso de massa no momento da modelagem dos adobes.

Sobre mobiliários presentes no canteiro de produção, o trabalhador contou apenas com a bancada, fabricada para auxiliar na fabricação dos adobes. Era uma bancada grande, onde todos os materiais necessários ao processo de modelagem ficavam ali acomodados, de maneira a agilizar toda a atividade.

Era necessário proteger os adobes das águas das chuvas – como já vimos, uma situação bastante frequente naquela região, mesmo em épocas consideradas secas no estado de São Paulo. Também como já relatamos, coberturas elevadas e leves seriam arrancadas com facilidade. Para solucionar a questão, Miro instalou uma estrutura baixa de pontaletes, semelhante a uma armação usada em gabarito de obras. Isolava uma área com valas de escoamento, de um lado fixava os pontaletes e travava com uma peça horizontal; neste elemento prendia uma lona que era esticada até o outro lado e fixada diretamente no chão com outra peça de pontalete deitada ao longo da borda. Desta maneira formava-se uma cobertura baixa, de uma água, menos vulnerável às rajadas de vento e mais simples de ser instalada.

No processo de secagem, atuavam da seguinte maneira: em uma semana viravam o adobe de lado para que a superfície que estava para baixo pudesse secar mais rapidamente. Com esta ação uma nova fileira de espaço era liberada para acomodação de novos adobes. Para empilhar os blocos era necessário um período de 3 semanas.

Sobre o uso da *maromba*, Miro relata que rapidamente se familiarizou com o equipamento. Ressalta quão pesada é a tarefa de recolocar massa na máquina. Conta que em dado momento descobriu que tirando a tampa de saída de massa, a velocidade de produção aumentava e ficava mais fácil de limpar a máquina. O trabalhador relata que se a *maromba* não fosse limpa no dia anterior, na próxima jornada de trabalho poderia travar e resultar em trabalho ainda mais demorado.

Uma situação interessante foi relatada a respeito da produção. Por alguns dias houve uma interrupção no fornecimento de energia. Como estavam dedicados à fabricação de adobes, resolveram se valer do método tradicional de virar a massa com os pés para não perder os dias de trabalho. Miro conta que foi notável a queda de produtividade. Conta que apesar de ser pesada a tarefa de reabastecer a máquina, virar a massa pisando era mais cansativo e mais demorado. Se na *maromba* a produção diária chegava a 200 unidades, no pé ficou entre 100 e 120 blocos.

Ao ser indagado sobre perdas, o trabalhador volta a mencionar que o início do processo foi mais difícil, que até encontrar uma mistura adequada para a massa de adobe, muitas unidades foram inutilizadas porque rachavam. Neste momento, a produção não passava de 90 blocos por dia.

Liquidadas as questões sobre o processo de fabricação, partimos para uma conversa a respeito das opiniões do trabalhador sobre a produção de adobes.

Miro conta que, no final do processo, achou a produção de adobes fácil. Mas relata que chegou a pensar em desistir da empreita, pois a fase de experimentação das misturas, no início da fabricação, foi bastante longa. A terra local, que apresentava argila de difícil manejo, implicou em muitas perdas, resultando quase um mês de trabalho bastante improdutivo.

Questionado se achou o trabalho pesado, respondeu que não, que apenas o momento de revolver a massa na *maromba* era pesado e que, no geral, o trabalho fluía.

A respeito da segurança dos trabalhadores, conta que a *maromba*, se não fosse operada com a devida atenção, poderia ser um pouco perigosa. Como já vimos, a máquina não foi desenhada para ser alimentada manualmente e as pás estão ao alcance de mãos e braços. Ao lançar o material seco dentro do equipamento, por vezes ele embola. É neste momento, quando se trabalha com um pedaço de caibro para empurrar a massa, que é necessária muita atenção. O trabalhador tenta destravar a máquina com um pedaço de madeira. Se a peça não é retirada da entrada da máquina antes que as pás voltem a rotacionar, o equipamento responde com um tranco.

Miro conta que não se sentiu exposto a perigos e se vale do argumento de que qualquer máquina deve ser operada com atenção.

O trabalhador gostou do resultado da produção. Achou que os blocos ficaram bonitos, bem feitos e resistentes. Comentou que comparou seus adobes com os outros produzidos no loteamento e que ficou surpreso de, já em sua primeira produção, ter conseguido fabricar blocos melhores que os dos outros – na sua opinião.

Sobre o aspecto das paredes que receberam os adobes produzidos, que foram assentados pelo próprio trabalhador, gostou ainda mais. Miro afirmou que achou muito bonita a mescla dos blocos com a estrutura de madeira serrada.

Sobre a durabilidade dos blocos e da parede de adobes, o trabalhador acredita ser indeterminada: ele menciona os cuidados com a chuva e a umidade, que foram garantidos na casa em que foram aplicados e ainda cita a cidadela de Bam³ (Arg-e-Bam), no Irã, sobre a qual leu na *internet*.

Indagado se moraria numa casa de adobes rebate prontamente: “Com certeza”. Com a pergunta reformulada, questionado sobre o que faria entre as opções ‘produzir adobes para sua casa’ ou ‘comprar blocos na loja de materiais de construção’, responde que se a casa fosse na cidade acabaria comprando tijolos, pois no meio urbano não há espaço suficiente para a fabricação de adobes. Mas afirma com firmeza que se a casa fosse construída no meio rural, optaria pela produção dos adobes.

Com relação à remuneração, informa que cobrou R\$700,00 pelo milheiro (2010). Conta que teve prejuízo, uma vez que a produção durou dois meses, por conta das dificuldades com o acerto da massa. A produção de adobes foi contratada como empreita separada à construção da residência, mas o trabalhador teve de se valer do que recebeu pela obra da casa para pagar os outros dois trabalhadores da equipe, que representavam um custo de R\$100,00 por dia de produção.

Em virtude de todas as dificuldades pelas quais passou, o trabalhador afirma que não assumiria nova produção de adobes. Esta foi uma afirmação feita no início da entrevista. Ao final da conversa, parecia um pouco em dúvida sobre essa questão. Comentou que acredita que teria bem menos dificuldades numa nova produção e chegou a lançar o valor que cobraria para uma nova empreita: entre R\$1.200,00 e R\$1.300,00 pelo milheiro.

4. ANÁLISE DAS INFORMAÇÕES COLETADAS

Apesar de terem recebido alguma orientação sumária, os trabalhadores conseguiram apropriar-se da técnica. As atividades de produção propriamente ditas não apresentaram maiores dificuldades. O ponto que se revelou mais delicado é a questão da estabilização da terra, ou seja, o acerto das misturas de barro com areia e outros elementos de maneira a reduzir ou anular a retração da argila sem perder a plasticidade da massa.

A *maromba*, máquina incorporada na produção, acabou revelando-se positiva em questão de produtividade e redução dos esforços. Entretanto, parece ainda não ser o equipamento ideal. Por não ser completa, ou seja, por precisar da participação humana para ser reabastecida, acaba resultando em trabalho bastante pesado. Para o trabalhador que pôde comparar as duas situações, a diferença fundamental entre os esforços físicos que envolvem a alimentação da *maromba* e a virada da massa com os pés reside no fato de o

tempo necessário para realizar a atividade ser significativamente encurtado com o uso da máquina. Apesar da tarefa de reabastecer a máquina ser atividade considerada pesada, em nenhum dos dois casos os trabalhadores improvisaram soluções para diminuir este esforço.

Ainda sobre a maromba vale ressaltar que o loteamento disponibiliza o equipamento, mas não fornece nenhuma instrução aos usuários. Não apresenta nenhuma orientação de segurança para os trabalhadores e tampouco informa sobre a operação e manutenção da máquina.

Em relação ao mobiliário, vale ressaltar que ele só contribui com a produção se for ergonômico e funcional. Em um dos casos o trabalhador se queixou bastante dos esforços físicos que envolviam o uso das prateleiras metálicas disponibilizadas pelo loteamento.

A respeito da remuneração, o desconhecimento da rotina de produção dos adobes levou os trabalhadores a cobrarem menos do que acreditam ser o valor justo pelo trabalho. No caso de Francisco (caso A) o serviço foi mal pago. Já no caso de Miro (caso B) houve prejuízo. Uma informação inicial, fornecida pela arquiteta, sobre o valor que adobeiros profissionais (que atuam no distrito de Bichinho, Prados/MG) cobravam pela produção, (R\$600,00 o milheiro em 2008) parece ter influenciado a decisão dos trabalhadores.

O que se verifica é que a cobrança por quantidade (milheiro) acaba sendo inadequada, pois não considera trabalhos extras como preparação do terreno, instalação de coberturas, parada da produção por falta de espaço, situações em que o fornecimento de energia é interrompido e a produção cai, entre outros.

Talvez uma outra forma de cobrar que considere, por exemplo, uma 'taxa de instalação do canteiro' mais o valor por milheiro, possa ser mais justa e menos arriscada. Assim o trabalhador pode variar o valor desta etapa e manter o valor do milheiro no caso de prestar serviço numa mesma vizinhança, por exemplo.

Por fim, vale pontuar um fato bastante importante, o conhecimento do cotidiano da tecnologia desanimou um dos trabalhadores de tornar a empregá-la. Percebe-se que apesar de admirar o sistema tecnológico, o trabalho extenso e remunerado de maneira inferior às empreitas que o pedreiro costuma assumir terminam por afastar o trabalhador da produção de adobes.

5. CONCLUSÃO

Duas questões aparecem como centrais, quando se trata da produção de adobes. A primeira é que se os trabalhadores são mal pagos, com razão dificilmente retomam a produção. A segunda é que, se o produto corresponde a um valor justo para o trabalhador, pode acabar ficando caro para os usuários, se comparado com o custo de blocos convencionais similares (tijolo maciço colonial – modelo de dimensões maiores). É importante considerar este aspecto, em se tratando de um 'produto alternativo': os mecanismos de alta exploração do trabalho na indústria cerâmica – ou mesmo nas pequenas oficinas de produção de blocos de concreto – parecem solapar as possibilidades de 'sustentabilidade econômica' da arquitetura de terra.

Por esse motivo, a proposição de sistemas tecnológicos que fazem uso do solo como material de construção deve sempre vir acompanhada de informações que revelem os reais benefícios que trazem ao ambiente construído, além das vantagens de sua aplicação no que se refere à diminuição de impactos ao meio ambiente. Mas não pode aparecer articulada à redução de custos – uma vez que isso significaria pressupor uma alta taxa de exploração da mão-de-obra.

Ainda sobre a remuneração, pôde-se observar que a praxe da cobrança de serviços por empreitas muitas vezes coloca os trabalhadores em situação delicada, algumas vezes representando prejuízo – o que seria inadmissível, uma vez que se propõe como um sistema tecnológico *sustentável*. Caso contrário, o que se torna *insustentável* é a situação do trabalhador.

Por fim, comparando a produção de adobes a outras atividades mais frequentes da construção civil, os trabalhadores colocam que, apesar de algumas tarefas do processo de fabricação dos blocos serem consideradas pesadas, não diferem em dificuldade das atividades do cotidiano da prática construtiva. Deve-se ressaltar que a incorporação da máquina no processo contribuiu bastante para esta circunstância.

No entanto, sabendo que a construção civil exige muito esforço físico dos trabalhadores, rebaixar o processo de produção de adobes à mesma condição não deve ser considerada operação satisfatória. Assim sendo, afirma-se que a produção de adobes precisa ser pensada de maneira a promover melhores condições de atuação ao trabalhador.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CORREIA, Mariana (2006). Universalidade e diversidade da arquitetura de terra. In: *Terra: Forma de Construir. Arquitetura. Antropologia. Arqueologia. 10ª Mesa Redonda de Primavera*. Lisboa: Editora Argumentum e Escola Superior Gallaecia, 2006, p.15-16.
- JORDANA, Sebastian (2010). A House in Luanda Competition Winner / Pedro Sousa + Tiago Ferreira + Tiago Coelho + Bárbara Silva + Madalena Madureira. In: *ArchDaily: 17/11/2010*. Disponível em <http://www.archdaily.com/89798>. Acesso em 13/09/2011.
- LEMOS, Carlos (1979). *Arquitetura brasileira*. São Paulo: Melhoramentos, Editora da Universidade de São Paulo, p.15-16.
- PINTO, A. V (2005). *O conceito de Tecnologia*. Vol. 1. Rio de Janeiro: Contraponto.
- WEIMER, Günter. *Arquitetura popular brasileira*. São Paulo: Martins Fontes, 2005, p. 249-250.

NOTAS

- (1) Adobes são blocos de barro que são modelados em fôrma e acomodados para que sequem naturalmente, seja ao sol ou em áreas cobertas e protegidas de intempéries. Vale pontuar que
- (2) Este trabalho trata especificamente da produção de adobes. As informações aqui apresentadas fazem parte de estudo mais amplo e estas são as primeiras entrevistas realizadas.
- (3) Cidadela histórica do Irã construída por volta de 500 a.C. Permaneceu habitada até meados do século 19. Era considerada o maior complexo construído em adobes até 2003, quando foi assolada por terremoto. Acesso em: 31/04/2011. Fonte: http://www.isaru.com/index.php?option=com_content&view=article&id=57:bam&catid=41:iran

AUTORES

Bianca dos Santos Joaquim, arquiteta e urbanista graduada pela FAUUSP em 2008, é aluna do mestrado do Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. Foi responsável por uma obra em que se construiu 60m² de paredes de taipa de mão e é autora de dois projetos de residências unifamiliares onde foram empregadas as tecnologias adobe e taipa de pilão. Ministrou cursos de construção com terra no Instituto Tibá/RJ de 2006 a 2010 (desde a 1ª até a 9ª. edição).

João Marcos de Almeida Lopes é graduado em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade de São Paulo (1982), possui mestrado em Arquitetura e Urbanismo pela EESC– USP (1999) e doutorado em Filosofia e Metodologia das Ciências pelo Progr. de Pós-Grad. em Filosofia da UFSCar (2006). Atualmente é associado da Usina Centro de Trabalhos Para o Ambiente Habitado - da qual foi coordenador geral entre 1990 e 2005 - e professor associado no Instituto de Arquitetura e Urbanismo da USP.



UN ESLABON EN EL PROCESO DE LA CONSTRUCCIÓN CON TIERRA. LA PRODUCCION Y COMERCIALIZACIÓN DE ECOMATERIALES

Lico, Cristian Alan¹; Serrallonga, Ignacio²; González, Ariel³;
Taulamet, Leticia⁴; Maestre Corena, Jaime⁵

(1) Arquitecto- Estudio de arquitectura, Córdoba – Valle de Calamuchita - Villa General Belgrano, lico47@hotmail.com

(2) Tesista Arq.- Estudio de arquitectura, Córdoba – Valle de Calamuchita - Villa General Belgrano, ignaserrall@yahoo.com

(3) Ingeniero - Docente-investigador – Depto. Ing. Civil, Universidad Tecnológica Nacional – Santa Fe, aagonzal@frsf.utn.edu.ar

(4) Abogada - Mediadora – Departamento Ing. Civil, Universidad Tecnológica Nacional – Santa Fe, letaulamet@gmail.com

(5) Arquitecto- Docente, Universidad Nacional de Córdoba – Alta Gracia – maestrecorena@yahoo.com

Palabras-clave: Eco-materiales; Comercialización; Sustentabilidad; Industrialización vs Artesanato.

Resumen

En este trabajo se analizan algunos inconvenientes encontrados por incipientes emprendimientos de producción y comercialización de eco-materiales, en las provincias Argentinas de Córdoba y Santa Fe.

Como todo paradigma de producción de hábitat, el modelo funciona cuando cada actor ocupa y desarrolla su función eficazmente. Hoy tenemos consolidado un modelo de construcción con “materiales modernos”, en el que los engranajes transmiten los esfuerzos de la manera esperada:

- Modelo educativo: enseña una forma de utilizar materiales y certifica la incumbencia de conocimientos a profesionales, técnicos y artesanos.
- Sistema normativo técnico y jurídico: Avala el uso solo de determinadas formas de construcción.
- Sistema comercial: apoya la distribución y comercialización de una determinada selección de materiales.
- Sistema productivo: entrega elementos al mercado en función de una demanda incentivada.
- Modelo político: promueve y/o rechaza la aceptación de algunos modelos tecnológicos para el mejoramiento del hábitat.

Nuestro enfoque esta puesto sobre el eslabón: producción, distribución y comercialización de eco-materiales; y planteamos interrogantes para orientarnos a encontrar atisbos de respuesta o un buen planteamiento del problema.

- ¿Cómo aplicar para los eco-materiales, la lógica de producción, distribución y comercialización desarrollada para los llamados materiales “tradicionales”?
- ¿Es conveniente aplicar una lógica común; teniendo en cuenta la diferencia sustancial que existe entre ambos grupos?
- ¿Cómo armonizar la naturaleza de estos materiales y su riqueza en cuanto a que están dados en cada región; con la posibilidad de comercializarlos masivamente? ¿Es éste un objetivo válido y deseable?
- ¿Hasta qué escala de producción es viable la manufactura de eco-materiales sin que pierdan su naturaleza de tales?
- ¿Están preparados adecuadamente los actores en los diferentes eslabones de la cadena productiva, en cuanto a la adquisición y apropiación de conocimientos sobre eco-materiales y sus técnicas constructivas?
- ¿Cuáles son las reales ventajas que presentaría la comercialización de eco-materiales para el distribuidor; de manera que los hagan atractivos y se constituyan en una elección viable?
- ¿Cómo influye en la comercialización de estos productos el vacío legal existente sobre la construcción con tierra?

INTRODUCCIÓN

Hoy por hoy en toda Latinoamérica alcanzada por la globalización, el paradigma para la construcción y mejoramiento del hábitat y particularmente de viviendas, es un modelo hegemónico que podemos desglosar en las siguientes partes:

- **Modelo educativo:** Desde la formación inicial y básica, donde el modelo de vivienda es la vivienda “de material” construida con materiales y métodos modernos, hasta la formación específica en donde en las planificaciones e incumbencias no se mencionan las técnicas de construcción con tierra cruda; el sistema no genera conocimientos ni expectativas para producir un cambio.
- **Sistema normativo técnico y jurídico:** Si bien todo lo que no está prohibido se puede realizar, al no existir en Argentina normas jurídicas que expresamente permitan y fomenten el uso de eco-materiales, el conservadurismo de los funcionarios y empleados gubernamentales hace que este sea un escollo difícil de superar cuando de regularizar y legitimar lo construido se trata.
- **Sistema comercial:** Este eslabón que es determinante para la llegada de los elementos a los usuarios, se ve presionado por las grandes firmas y los modelos de comercialización poco flexibles a cumplir el rol de difusores y legitimadores de las formas de construir globalizadas que luego se esparcen por todo el territorio nacional, brindando las mismas soluciones sin importar las diversas condiciones locales.
- **Sistema productivo:** al estar el eslabón del sistema comercial de alguna manera cooptado por el esquema globalizado, los productores tienen poco margen de producir elementos diferentes de los que a través de la publicidad y del sistema de distribución, el usuario elegiría en una primera instancia para satisfacer su necesidad de vivienda. El sistema tiene de alguna manera la producción cautiva de las cadenas de distribución y comercialización.
- **Modelo político:** Solo en los últimos tiempos se ha puesto sobre el tapete la discusión acerca de la racionalización del uso de la energía, lo que obliga al sector político que dicta las leyes, a tener en cuenta valores de sustentabilidad de los sistemas constructivos con el fin de realizar un forzoso y necesario ahorro energético. No obstante no está planteado un mínimo andamiaje político – legislativo para permitir y fomentar la construcción con tierra cruda.

Si centramos el enfoque sobre el eslabón, producción, distribución y comercialización de eco-materiales, surgen interrogantes en los que se intentan atisbos de respuestas muy diversas para el planteamiento del problema y la generación de un interesante debate.

Algunos de ellos, serán expuestos con la intención de que se constituyan en verdaderos disparadores de construcciones conceptuales, no sólo en el ámbito académico generando debates, respuestas consensuadas, o nuevas preguntas; sino también en el campo de la acción, como proyectos realizables.

REFLEXIONES A PARTIR DE LOS INTERROGANTES PLANTEADOS

Cabe destacar que el análisis que se realiza está dentro del contexto de la zona centro de Argentina, que tiene características climáticas y culturales similares.

Si buscamos comercializar eco-materiales en la cadena de distribución de los materiales globalizados se corre el riesgo que los vendedores no se sientan tentados a ofertar un producto nuevo que hay que instalar en el mercado, que no tiene (falta de apoyo político) en principio conexiones con la forma de construir aceptada.

Sin embargo, todo eco-material debe estar preparado para responder a una demanda importante y creciente sin perder los valores que lo acrediten como tal.

Las lógicas de Marketing, distribución y comercialización son necesariamente distintas en un modelo de venta de materiales de construcción convencional y en otro alternativo. Éste último, responde a parámetros de sustentabilidad: ambientales (ahorro energético en la producción, traslado y ejecución; adecuación a las características climáticas); filosóficos (promoción de recursos regionales; y respeto a la cultura y a la misma naturaleza de la tierra); y de viabilidad comercial (materias primas locales disponibles, costos de producción y transporte). Es decir que, la característica primordial de éstos es su manufactura local; mientras que el modelo globalizado se basa en la concentración de la producción y el traslado de productos similares a todos los puntos de comercialización.

Uno de los desafíos está en encontrar la forma de generar micro-emprendimientos múltiples locales, en lugar de utilizar uno globalizado. Esto es: globalizar el conocimiento y el saber hacer pero no la producción.

Analizando un segmento del círculo del eco-material encontramos que entre el productor y el resultado final (satisfactor del consumidor); hay al menos tres eslabones intermedios: profesional que diseña y determina las especificaciones técnicas; la distribución y venta de los materiales; y empresarios y artesanos de la construcción. Cualquiera de estos tres eslabones, en una etapa primaria de introducción de la tecnología, pueden tener actividades paralelas, utilizando materiales globalizados y eco-materiales; ya que no se puede lograr en "prima facie", un volumen suficiente de trabajo como para dedicarse solamente a la eco-construcción. Otro de los desafíos será entonces, crear las condiciones para la existencia de profesionales, comerciantes y constructores especializados.

Esas condiciones a las que nos referimos, deben generarse en forma mancomunada; hablamos de condiciones políticas, normativas, educativas, impositivas; las cuales deben sumarse armónicamente a las ya existentes condiciones científicas y culturales (históricas y sociales).

Estos eco-materiales están disponibles para todos los sectores sociales, con las mismas características y ventajas. Aunque pueden ser usados con diferente significación y costos finales, según el valor agregado en cuestiones de diseño, reconocimiento social, esnobismo, etc. Esto puede requerir diferentes estrategias de marketing, pero la calidad del producto debe ser cuidada y mantenida, para fortalecer las virtudes intrínsecas del material.

El mercadeo (marketing) de cualquier producto, tiene como objetivo principal favorecer el intercambio entre dos partes (proveedor y consumidor) y que ambas resulten beneficiadas. En el caso de los eco-materiales, falta integrar el concepto con una tercer parte: la sociedad; que es la regla o no las cuestiones de productividad; normativa, ambiental y económica; que hacen a la viabilidad de la relación, y que se ve favorecida por un uso sensible de los recursos naturales colectivos.

Una organización que quiere lograr que los consumidores tengan una visión y opinión positivas de ella y de sus productos, debe gestionar el propio producto, su precio, su relación con los clientes, con los proveedores y empleados, la publicidad en diversos medios y soportes, la presencia en los medios de comunicación (relaciones públicas), etc. Todo eso es parte del marketing.

Después de un marketing orientado al mercado (como es el que se utiliza para los materiales globalizados); hay una tendencia a la orientación hacia un marketing "social", u orientación a la responsabilidad social (marketing responsable); que tal vez constituya un modelo más adecuado para los eco-materiales. Se trata de que finalmente, cuando el mercado está completamente asentado, las empresas no solo tratan de satisfacer las necesidades de sus consumidores, sino que también persiguen objetivos deseables para la sociedad en su conjunto, como iniciativas medioambientales, de justicia social, de respeto cultural. Y es aquí donde reside uno de los puntos a considerar como ventajosos para el

distribuidor de materiales: la responsabilidad social empresaria: manejo de materiales de construcción “amigables” con el ambiente. Cabe tener en cuenta, sin embargo, el riesgo subyacente, de caer en el mal llamado “marketing verde”, o “lavado de imagen” o “greenwashing”: campañas publicitarias de empresas que lanzan productos ecológicos a consumidores preocupados por el impacto que el calentamiento global ha tenido en nuestra era, denominados como “amigables con el ambiente”, y solo sufren pequeños cambios en su producción, para que el daño que se produzca sea menor. Los consumidores que compran estos productos buscan satisfacer sus necesidades sin provocar daños al entorno, y no les importa pagar más dinero por lo que compran porque la mercadotecnia y publicidad le han hecho creer que son verdaderamente ecológicos. En pocas palabras el marketing verde como tal, no existe solo es una estrategia de ventas para tener preferencia por unos productos.

Será entonces un desafío también, encontrar las estrategias adecuadas para estos materiales (comparar con los materiales globalizados; destacar ventajas y características; ofertar con responsabilidad para el uso correcto); que sean respetuosas de la relación tripartita que se da entre: Proveedor; Consumidor y Sociedad reguladora.

Por último, en el marco de la regulación y voluntad política; se hace imperioso contar con una adecuada normativa técnica y jurídica, tanto a nivel municipal, provincial y nacional; para salvar así un importante obstáculo a la hora de promocionar un tipo de construcciones respetuoso del hábitat, y su consecuente repercusión en la capacitación; producción, distribución y comercialización de los materiales. Esto sobre todo, partiendo de la realidad social como hecho previo y fundante de la norma.

A MODO DE EJEMPLO: DOS INCIPIENTES EMPRENDIMIENTOS PRODUCTIVOS

Se trata de dos casos que se dan en las provincias de Santa Fe y Córdoba respectivamente, en los que se ha superado la etapa de calidad y experticia en la producción de diferentes eco-materiales; topándose con inconvenientes similares en las estrategias comercialización.

En cuanto a la producción en sí, ambos han desarrollado experiencias exitosas, en cuanto a la apropiación de conocimientos e innovaciones para la manufactura, así como la construcción de experiencias pilotos; las cuales se describen con detalles en el anexo del presente trabajo.

Ambos emprendimientos comparten las mismas situaciones problemáticas o dificultades a la hora de pasar a la etapa de distribución y comercialización a mayor escala:

- Escasa difusión mediática;
- Falta de normativa técnica y jurídica que respalde el uso del material a nivel masivo;
- Ausencia de herramientas para desarrollar un Marketing adecuado: estudios de mercado; estrategias de ventas; etc.
- Escasez de profesionales comprometidos y conocedores del tema; de artesanos adecuadamente capacitados; y de empresas constructoras interesadas en desarrollar el área.
- Falta de relevamiento de las condiciones internas para posterior crecimiento.

A) BIOCORRALON "HOMBRE DE BARRO" (Villa General Belgrano – Córdoba)

Producto: Arcilla molida envasada

La materia prima, extraída de una planicie sedimentada de manera natural en un campo privado, se lleva hasta la molienda de minerales, donde se inicia el proceso de industrialización. El material en ésta primera fase se presenta en terrones de distintos tamaños y granulometrías que al introducirlos a una zaranda rotativa con malla de trama cerrada, se desmenuza y resulta el material de grano fino. Luego se recoge y embolsa por 40 kg, disponible desde entonces para su acopio o distribución (figura 1).



Figura1. Molienda, embolsado y acopio del producto

Producto: Micro fibra vegetal

El estiércol de caballo constituye la materia prima, al aprovechar el proceso vital de alimentación del animal obteniendo una fibra vegetal molida (los tallos, hojas y pastos) por la acción del masticado. El resultado es una micro fibra de 4 mm a 8 mm de longitud.

Este material se obtiene de caballerizas, se seca al sol donde se aprovecha a limpiarlo de piedras o elementos que no constituyan fibra y se lo somete a un proceso de molienda. Posteriormente se embolsa 8 kg. Esta unidad de envasado, para ser utilizado en mezclas para revoque fino tiene un rendimiento de 45 m² (figura 2).



Figura 2. Diversas etapas del preparado del producto

Producto: Panel aislante de lana de oveja

Los proveedores de la materia prima en éste caso se trata de pequeños productores de las sierras en el valle de Calamuchita (de 50 a 100 animales c/u), y se entrega tal como sale del esquilado. Se inicia un proceso de lavado con jabón blanco para sacar grasas y suciedad. Posteriormente se realiza un tratamiento con sales de bórax y ácido bórico (pentaborato) para otorgarle protección contra insectos y aumentar la capacidad de retardante ignífugo.

Con el material tratado se comienza las tareas de escardado manual y se arman unos paneles de 0,60 m por longitudes variables (de 4 m a 8 m), de aproximadamente 50 mm a 60 mm de espesor. Se aporta 700 g/m² para garantizar una adecuada capacidad aislante (figura 3).



Figura 3. Limpieza, preparación y producto terminado

Subproducto: Revoques deshidratados con microfibras

Con una mezcla de 2 partes de arcilla y 1 parte de fibra (estiércol de caballo), se inicia el proceso de putrefacción con agua, durante 6 días.

Composición de la mezcla por pesos:

1 parte de estiércol de caballo molido1,00 kg

2 partes de arcilla molida 18,20 kg

2 partes de agua de penca 10 L

Se obtuvo una muestra sólida llamada base de arcilla/fibra, lo que constituye el elemento ligante para la fabricación de distintas opciones de revoques

Para utilizarlo, se tomó 0,56 kg (aproximadamente 0,0003519 m³) de éste material conformando 1 parte y se mezcló con 3 partes de arena, agregándole aproximadamente 1¼ parte de agua y mezclado.

La mezcla se desplegó sobre una pared de ladrillos por medio de una llana, "planchándolo" en una capa de aprox. entre 2 mm y 4 mm, con un rendimiento de 0,30 m².

De los datos de prueba se establece que para 1 m² de revoque fino es necesario 1,86 kg de base arcilla/fibra (Figura 4).



Figura 4. Preparado, acopio y muro rebocado

Subproducto: Revoques deshidratados coloreados

Utilizando la base del componente ligante con áridos finos y óxidos, sumado al aporte de agua y movimiento, se obtiene una mezcla de color lista para usar como revoque de terminación (figuras 5 y 6).



Figura 5. Preparación, material en bruto y ensayos



Figura 6. Prueba de los revoques deshidratados y coloreados en una vivienda prototipo

B) ECOCORRALON "EcoHogar" (Santa Fe – Santa Fe)

Producto: Bloques de tierra comprimida (BTC)

Dentro del marco del programa de incubadoras de microempresas de base tecnológica que lleva adelante la Universidad Tecnológica Nacional se viene interactuando con un microemprendimiento que se dedica a la fabricación de bloques de suelo comprimido y estabilizado con cemento (BTC). En una primera fase se informó y capacitó al grupo precooperativo acerca de las características de distintas tecnologías y diferentes modelos productivos; se optó por redactar y presentar un pedido de subsidio a un programa estatal para fomentar empleos genuinos. En este primer período también se diseñó entre ambas partes una prensa manual y se efectuó la capacitación en el manejo de las técnicas productivas y administrativas. Se realizan asimismo las primeras producciones y ventas a pequeña escala. En una segunda fase se incorpora una prensa con moldes para producir BTC intertrabado (figura 7), desarrollada por el Arq. Mattone del Politécnico de Torino que, a través de un intercambio académico con la UTN, tomó contacto con el proyecto. Se recibe en este período el subsidio por parte del Estado que permite desarrollar equipamiento secundario (tamices, desmenuzadoras etc.). Se comienza a diseñar mejoras en la automatización del proceso, actualmente en proceso. Comienzan las ventas a profesionales independientes que adoptan el material y sistema constructivo y plantean demandas específicas para la utilización en obras concretas. Con este panorama se decidió implicar a todos los actores intervinientes en procesos de diálogo, intercambio y capacitación; es así como se realizaron encuentros con albañiles, con profesionales y con usuarios para explicitar y avanzar en las características del producto (figura 8). Actualmente, en este proceso todos los actores se encuentran en interacción nutriéndose cada uno de ellos de los saberes específicos de los otros y de los conocimientos que genera su propio crecimiento. No obstante la cadena de producción comercialización, se ve cortada debido a inexistentes o incorrectas estrategias de marketing (figura 9).



Figura 7. Bloque intertrabado y prensa utilizada para su ejecución



Figura 8. Ensayos de laboratorio del producto y capacitación a albañiles



Figura 9: Desmenzadora artesanal y acopio del producto

CONSIDERACIONES FINALES

Es evidente que es necesario probar alternativas para mejorar la llegada de productos en base a tierra cruda a los consumidores para que se materialicen en obras. En ambos ejemplos anteriormente expuestos no se ha logrado iniciar una espiral ascendente en la comercialización del producto, quedando su distribución en círculos cerrados y vinculados al resto de los actores intervinientes en el ciclo. Por otra parte si se da una difusión masiva que traiga aparejado una demanda importante del material, no se contaría con la capacidad para dar respuesta a la misma.

Intentando dar respuesta a los interrogantes planteados al inicio del trabajo, se puede sugerir una estrategia de posicionamiento ante la problemática: es necesario abordar de manera conjunta y pareja todos los frentes o eslabones que se ponen en funcionamiento para realizar una construcción con tierra dentro del mercado; un desequilibrio de uno de los frentes sobre otro no solo no logra hacer avanzar al resto sino que incluso puede entorpecer un crecimiento lento y sostenido. De nada vale un gran desarrollo tecnológico sin la transferencia a la producción sostenida; tampoco una gran difusión si no existe el soporte técnico y comercial para satisfacer la demanda; de la misma manera si no existe una voluntad política para sostener normativa y jurídicamente la producción industrial los esfuerzos para lograr la masividad del uso de la tierra cruda serán mucho mayores.

Creemos que las redes nacionales como TerraBrasil y Protierra en Argentina tienen un papel muy importante que desarrollar no solo como transmisores y promotores de todas las actividades (técnicas, de capacitación, de difusión, políticas, jurídicas etc.) sino también de reguladores del crecimiento parejo y sostenido de todas y cada una de ellas, para lograr así un afianzamiento y consolidación perdurables.

Autores


Christian Lico, argentino, estudio arquitectura en La FADU / UBA (Facultad de Arquitectura Diseño y Urbanismo Universidad de Bs.As.). Durante los años que van desde 1998 hasta 2001 se desempeñó en la docencia en distintas cátedras universitarias de la FADU. A partir de 2006 se trasladó a Córdoba, más precisamente a Villa General Belgrano y desde entonces desarrolla aquí su actividad. En su nueva locación trabaja fundamentalmente en construcciones de tipo Ecológica, Bioarquitectura, etc. promoviendo y dando a conocer soluciones de tipo constructivo que rescatan antiguas corrientes con un desarrollo actual y de gran diseño.

Ignacio Serralonga, argentino, tesista de arquitectura, FAUDI, Córdoba. Formación extra curricular en diseño arquitectónico y urbano (Naselli-Botey, 2001), proyectos de Inversión (Faudi, 2004) y aprovechamiento de biogas con RSU (Gropelli-UNL, 2005). Refuncionalización de centros vecinales por auto-construcción, municipalidad de Cba. Proyecto de biogas con RSU Municipalidad de Cba.-SECyT, PyPE. Biodigestor experimental. Posgrado Fac. Agronomía. Plan de Ordenamiento Territorial (POT Crédito BID Consultoría 1) en Salsipuedes, Cba. Construcción en tierra y techos vivos en el Valle de Calamuchita, Cba.

Jaime Maestre Corena, colombiano, arquitecto de la facultad de Cartagena, Colombia. Docente e investigador, experiencia académica como decano de la Universidad de San Buenaventura, Cartagena. Ponencias y publicaciones sobre hábitat y desarrollo sustentable. Actualmente reside en Alta Gracia, Córdoba. Diplomado en Proyectista Ambiental de la Fundación Cepa, Cátedra Unesco, La Plata. Es docente de la FAUDI, Cba, en la Maestría de gestión ambiental del desarrollo urbano.

Ariel Anselmo González, ingeniero en construcciones, Magister Scientiae en metodología de la investigación científica y técnica. Profesor e investigador de la Universidad Tecnológica Nacional – Santa Fe – Argentina. Experimentado en el trabajo en equipos interdisciplinarios que abordan el tema del hábitat urbano y rural. Miembro de la Red Iberoamericana PROTERRA. Tel: (54342) 154216338; Email: aagonzal@frsf.utn.edu.ar

Leticia Taulamet, abogada, FCJS de la UNL Santa Fe, 1998. Mediadora, FCJS de la UNL Santa Fe, 2001. Colaboradora Docente en Ce.Ca.M.A.R.Co. de la UNL Santa Fe, desde 2009. Integrante Grupo Interdisciplinario La Terrada, Santa Fe, desde 2010. Email: letaulamet@gmail.com – Tel.: (54 342) 154050249



Trabalhos práticos (ou teóricos) que apresentem resultados de ações institucionais voltadas a estas atividades, por exemplo: em projetos de Extensão Universitária; discussão e contribuições sobre práticas, experiências e modelos de capacitação, transferência de tecnologia, planos de ensino, banco de dados.

Tema 4

Ensino, formação, capacitação e transferência de tecnologia



TERRA BRASIL

2012



IV Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil
07 a 10 de agosto de 2012 | Fortaleza -Ceará

CAPACITACIÓN TEÓRICO-PRÁCTICA DURANTE 20 AÑOS EN ARGENTINA. EXPERIENCIAS EDUCATIVAS EN LA ENSEÑANZA DE LAS ARQUITECTURAS DE TIERRA

Rotondaro, Rodolfo; Mascitti, Virginia

Programa ARCONTI, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de Buenos Aires/ CONICET-
Ciudad Universitaria, Pab.III, 4º piso, IAA-Int.Güiraldes 2160-(1428) Ciudad de Buenos Aires
E-mail: rodolforotondaro@gmail.com (54 11) 47896270 virginiamascitti@gmail.com

Palabras clave: didáctica, capacitación teórico-práctica, arquitecturas de tierra

Resumen

Este trabajo presenta una revisión de las estrategias didácticas empleadas en las prácticas educativas para la enseñanza de la Arquitectura y la Construcción con Tierra en distintos ámbitos geográfico-culturales de Argentina, en las últimas dos décadas. Se analizan las prácticas educativas realizadas y vigentes mediante su encuadre en dos subcategorías, Educación Formal y Capacitación No Formal, incluyendo a los cursos teóricos y teórico-prácticos de grado y posgrado para profesionales e interesados en general, y la formación de pasantes y Becarios de investigación. Se consignan los actores y las instituciones que hicieron posibles las prácticas constructivas, sus principales contenidos, objetivos y modalidades. Se describen casos seleccionados representativos de las dos subcategorías establecidas. Se analizan los resultados obtenidos a partir de las prácticas docentes y las estrategias didácticas utilizadas considerando conceptualizaciones clásicas tales como la del "aula-taller" y del "andamiaje", entre otros. Se describen casos representativos de las prácticas realizadas en diferentes contextos geográficos y educativos. Se plantean reflexiones sobre las estrategias utilizadas para orientar la continuación del trabajo y fomentar la metacognición en las prácticas docentes.

1.INTRODUCCIÓN

El creciente interés por las Arquitecturas de Tierra que surgió en Argentina, vinculado con la arquitectura sustentable, la contaminación ambiental y la generación de nuevos modelos arquitectónicos, favoreció las actividades de formación de recursos humanos en construcción con tierra. A este avance contribuyeron los esfuerzos de los grupos nacionales vinculados con esta temática así como también la cooperación internacional generada en Iberoamérica por la Red HABYTERRA-CYTED, el Proyecto PROTERRA y la actual Red PROTERRA (Neves, 2004), y a los centros comprometidos con la enseñanza y la transferencia (Mellace et al, 2005; Garzón, 2007; Echebarne et al, 2008, entre otros).

Este trabajo presenta una revisión de las estrategias didácticas empleadas por el primero de los autores en experiencias educativas de enseñanza, capacitación y transferencia de conocimientos en la temática de la Arquitectura y la Construcción con Tierra, en distintos ambientes de Argentina. Desde 1989 hasta la actualidad se desarrollaron cursos de grado y posgrado destinados a profesionales del área, pasantes de los últimos años de la carrera Arquitectura y Becarios, dentro del marco de prácticas educativas formales, entendiendo por éstas la concepción de educación normalmente encontrada en instituciones educativas, donde el docente tiene el conocimiento y lo transmite al alumno en un proceso de enseñanza presencial "cara a cara". Del mismo modo, se llevaron adelante prácticas de capacitación en contextos rurales, en barriadas suburbanas y cursos abiertos a la comunidad, entendiendo a estos últimos como capacitación no formal, ya que son cursos breves en los que se proporcionan habilidades constructivas en el campo de la construcción con tierra, en ámbitos diferentes de los tradicionales educativos.

En éstos más de 20 años de trabajo docente se fueron adecuando y variando las estrategias didácticas y siguiendo modelos de enseñanza diferentes en relación a la experiencia

adquirida, la evaluación de los resultados a cargo de docentes, alumnos y comunidad participante. En este punto conviene mencionar que se emplea el concepto de “estrategia” de manera amplia, entendido como “una forma de proceder flexible y adaptativa, que se fue alterando según lo requirió el proceso de enseñanza-aprendizaje y su adecuación a cada situación particular.” (De la Torre; Barrios, 2002). En este trabajo pretendemos presentar una revisión de las estrategias didácticas utilizadas, analizándolas tanto a la luz de la experiencia personal en cada instancia educativa como desde la perspectiva didáctico-pedagógica.

Los ámbitos de trabajo incluyen a diversos organismos gubernamentales y no gubernamentales, así como también a organizaciones de la sociedad y empresas privadas, todos los cuales brindaron el apoyo material, logístico y/o financiero que hicieron posibles las prácticas docentes. Dentro de los principales ámbitos y organizaciones se pueden mencionar a los siguientes:

- a) Universidades públicas y privadas, centros de capacitación, escuelas de educación formal y no formal, y organismos de Ciencia y Tecnología (1).
- b) Colegios profesionales, ONGs, fundaciones, centros de investigación y transferencia (2).
- c) Organismos públicos locales, provinciales y nacionales vinculados al tema Vivienda y Obras Públicas (3).
- d) Empresas y otros organismos públicos y privados (4).
- e) Beneficiarios directos, grupos vecinales y comunidades (5).

Para la elaboración de este trabajo se tuvieron en cuenta los resultados comunicados en un artículo presentado en el X SIACOT realizado en Uruguay (Rotondaro et al, 2010).

2. METODOLOGÍA

2.1- Categorización de las experiencias educativas

Para llevar a cabo la revisión de las estrategias didácticas se categorizaron las experiencias educativas en dos subcategorías:

- a) Educación Formal: incluye las modalidades de cursos teóricos y teórico-prácticos dirigidos a graduados y alumnos de los últimos años de nivel universitario; cursos teóricos y teórico-prácticos de actualización profesional; cursos teórico-prácticos para profesionales de organismos públicos; becarios de investigación; alumnos de maestría y doctorado y pasantes universitarios de los últimos años de las carreras vinculadas con la construcción.
- b) Capacitaciones No Formales: incluye las modalidades de capacitación de cuadrillas de albañiles para materialización de prototipos; capacitación de autoconstructores rurales y urbanos para mejoramiento de la vivienda existente; capacitación de jóvenes y niños; capacitación a autoconstructores en zonas afectadas por el Mal de Chagas y por sismos.

A continuación se describen los objetivos principales de las experiencias educativas realizadas y luego, a modo de ejemplo, algunos casos seleccionados que representan cada una de las subcategorías.

2.2- Principales objetivos de las prácticas docentes

El objetivo general que reúne a las dos categorías educativas predeterminadas es el de formar recursos humanos autoconstructores, técnicos, profesionales y ciudadanía en general, de diferentes ámbitos geográficos y culturales, edades, y ocupaciones, en los principales temas y técnicas específicas en torno a la Arquitectura y la Construcción con Tierra, mediante la combinación de prácticas constructivas intensivas con clases de reflexión y teoría.

En las experiencias encuadradas como Educación Formal los objetivos fueron los siguientes:

- a) Capacitar técnicos y profesionales sobre los alcances las arquitecturas de tierra, su tecnología y sus posibilidades en el marco de la sustentabilidad del hábitat construido, con el fin de aplicar dichos conocimientos de manera responsable en el proyecto y la construcción actual.
- b) Capacitar técnicos y profesionales sobre la identificación de suelos y las características y propiedades de suelos, morteros y elementos según las distintas técnicas.
- c) Brindar conocimientos sobre los condicionantes arquitectónicos y estructurales de las arquitecturas de tierra.
- d) Brindar conocimientos sobre la problemática de la construcción con tierra en zonas afectadas por el Mal de Chagas y por sismos.
- e) Informar sobre la importancia del reconocimiento y la normalización de la construcción con tierra a nivel nacional e internacional.

En las experiencias educativas que pueden encuadrarse como Educación No Formal los objetivos fueron los siguientes:

- a. Capacitar a autoconstructores sobre las técnicas tradicionales y las innovaciones para aplicar al mejoramiento de la vivienda existente y en nuevas construcciones, con el fin de mejorar la calidad de vida de la población en situación de pobreza.
- b. Sensibilizar a poblaciones locales de áreas geográficas donde existen se construye con tierra con el fin de recuperar y reutilizar conocimientos empíricos en beneficio de la conservación del Patrimonio y la identidad local.
- c. Incentivar a niños y jóvenes en el aprendizaje de las técnicas constructivas con tierra y sus posibilidades en el campo de la vivienda.
- d. Promover la generación de microemprendimientos productivos locales.

2.3-Diseño de los contenidos

Los contenidos temáticos y la profundidad de conocimiento se ajustaron en cada experiencia educativa según las características y demandas del grupo, los objetivos específicos de la capacitación, el tiempo disponible y la necesidad de práctica. Sin embargo, en las dos subcategorías predeterminadas y para las distintas modalidades que ellas reúnen, se trataron siempre cuatro aspectos teóricos:

1. vigencia y alcances de la Arquitectura y Construcción con Tierra (el tema, ventajas, limitaciones, posibilidades arquitectónicas y constructivas, historia, Patrimonio, futuro del hábitat construido, vinculación con la sustentabilidad del hábitat);
2. importancia de conocer e identificar las tierras para fines constructivos (porqué, para qué y cómo conocer los suelos a emplear);
3. las propiedades resistentes y la durabilidad (resistencias físico-mecánicas, aspectos higrotérmicos, patología, mantenimiento);
4. las construcciones de tierra en zonas con riesgo sísmico y la problemática del Mal de Chagas (contexto cultural de cada problemática, hábitat social, refuerzos de construcciones existentes, modelos de gestión).

2.4- Descripción de casos

Se presenta una selección de prácticas docentes realizadas de acuerdo a las subcategorías predeterminadas, educación formal y capacitación no formal,

2.4.1- Prácticas educativas de educación formal:

a) Curso-taller teórico-práctico titulado “Arquitectura de tierra y Tecnologías Apropriadas”, en 1989, en Jujuy, de 35 horas de duración en cinco días (Rotondaro, 1990). Fue organizado por el Colegio de Arquitectos de Jujuy y el Centro de Investigación en Tecnología Apropriada y Restauración, con el apoyo logístico de la Municipalidad de San Salvador de Jujuy. Estuvo dirigido a técnicos y empleados municipales y a profesionales de la construcción, sin exigencia de evaluación. La teoría se organizó durante dos días, mediante clases expositivas con ejemplos de obras y proyectos ilustrativos sobre la distribución y los alcances de las Arquitecturas de Tierra; y sobre proyectos desarrollados en la región. Participaron especialistas en diseño estructural en zonas sísmicas, energías alternativas y diseño bioclimático. Se propiciaron espacios de debate con los alumnos. Las prácticas se organizaron en tres días y se concentraron en el aprendizaje básico de cuatro técnicas constructivas: adobe, bloques de tierra comprimida, tapia y quincha.

b) Formación de grado y posgrado en la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad de Buenos Aires.

Estas prácticas se realizan en el marco del Programa de Investigación ARCONTI, “Arquitectura y Construcción con Tierra”, con sede en el Instituto de Arte Americano de la misma Facultad, en tres niveles. Se describen a continuación:

b.1- Formación teórico-práctica de grado con modalidad Pasantía de investigación. Las realizan alumnos avanzados de las carreras de Arquitectura y Diseño Industrial, a partir de la elección de un tema específico dentro de la temática amplia de la Arquitectura y la Construcción con Tierra, durante 4 meses, bajo la dirección de uno de los autores (Rotondaro). Se diseña un plan de trabajo, se fijan objetivos y se realizan tareas de recopilación bibliográfica, sistematización y análisis de datos, elaboración de resultados y conclusiones. El pasante es guiado por un tutor y se trabaja con encuentros periódicos para ajustar los avances y aclarar dudas. El pasante debe aprobar una monografía para acreditar el equivalente a una materia electiva de 60 horas cátedra. Algunos temas se organizan en un 80% del tiempo con prácticas de campo (figura 1), dentro de los proyectos del Programa ARCONTI. Los pasantes pueden realizar hasta dos pasantías con el mismo tutor, lo cual posibilita que en algunos casos se realice una investigación de 8 meses.



Figura 1: Construcción de estufa de adobes con pasantes de grado en centro vecinal, Bancalari, Buenos Aires, 2011. (Crédito: R. Rotondaro)

b.2- Formación de posgrado del Centro de Actualización Profesional. Son cursos teóricos titulados “Tecnología de construcción con Tierra. Tendencias contemporáneas de un material milenario” y se iniciaron en 2010. Tienen 16 horas de duración y se dictan durante cinco días seguidos (intensivos) o en cinco semanas, un día por semana. Organiza la Secretaría de Posgrado de la Facultad con la colaboración del Instituto de Arte Americano.

Está dirigido a profesionales de la construcción e interesados en general, sin exigencia de evaluación. Se utilizan clases expositivas (figura 2) y debates, con énfasis en la tecnología de construcción con tierra, sus alcances y desarrollos recientes a escala global. Se muestran ejemplos de obras y proyectos representativos de las diferentes técnicas constructivas, y se realiza una práctica de sensibilización con análisis sensoriales. Se ilustra además sobre los alcances de la Arquitectura y la Construcción con Tierra; el patrimonio construido en tierra; y las iniciativas en el campo de la vivienda de Interés Social. Se fomenta la discusión de los ejemplos referidos a tecnologías sociales y a modelos de gestión vinculados al hábitat construido en tierra.



Figura 2: Curso de actualización profesional en la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad de Buenos Aires, 2010 (Crédito: R. Rotondaro)

b.3- Formación de investigadores científicos. Se realiza para la primera instancia de formación de científicos nacionales, mediante becas otorgadas y administradas por el CONICET (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas). Las becas tienen una duración de tres a cinco años, a partir de la aprobación de un proyecto de investigación que exige la realización de una tesis doctoral. Se organizan en torno a temas acotados y con la profundidad de conocimiento adecuada para una investigación con tesis doctoral (entre cuatro y cinco años), bajo la dirección de un investigador científico. El Director realiza la guía y seguimiento del becario en los aspectos teórico-conceptuales y brinda el marco institucional para el desarrollo de la investigación. Los encuentros director-becario se coordinan en cantidad y duración suficientes para que el becario pueda desarrollar su investigación de manera tal que garantice una formación teórica, metodológica, y epistemológica de nivel adecuado. A partir de estas investigaciones se organizan líneas de trabajo en torno a temas específicos que significan una formación continua a largo plazo de recursos científicos.

2.4.2-Prácticas de educación no formal.

a) Capacitación de autoconstructores rurales en zonas con problemas de sequía. Tuvo lugar durante el desarrollo del proyecto "Parayacu, Sistema de recolección y almacenaje de agua de lluvia", en la comunidad de San Jorge, área de monte cercana a Bandera Bajada, Santiago del Estero, durante 2009. Se realizaron capacitaciones específicas durante 8 meses que incluyeron talleres de práctica constructiva para seleccionar tierras, prueba previas, fabricación de adobes (figura 3) y placas de quincha mejoramiento de cubiertas, revoques con suelos estabilizados y la construcción de un reservorio circular de adobe para 8 mil litros de agua.

Los talleres se realizaron con un doble fin: capacitar a los beneficiarios directos en cada técnica específica y construir el prototipo, y promover el desarrollo de mejoramientos de la vivienda y el equipamiento productivo existentes. Hubo reuniones de evaluación de la

transferencia de conocimientos, la calidad de las obras y la asimilación de innovaciones en el contexto local. Participaron una familia extensa, el grupo artesanal Huarmis Yamcadoras; la Fundación Pilotos Solidarios de Buenos Aires; el CONICET; la Embajada del Reino de los Países Bajos; y la empresa de transportes Chevalier.



Figura 3: Capacitación a familia beneficiaria en el proceso de fabricación, secado y acopio de adobes, San Jorge, Santiago del Estero, 2009 (Crédito: R. Rotondaro)

b) Capacitación para el mejoramiento de la vivienda autoproducida en zonas urbanas pobres. Barrios Bancalari (Buenos Aires) y Monte Terrabusi (Mar del Plata). Son capacitaciones para familias pobres en el aprendizaje de la fabricación y utilización de materiales y elementos constructivos con empleo de suelos estabilizados. Estos incluyen: adobe, bloques de suelo-cemento, revoques de suelo-cemento y suelo-cal, baldosas, contrapisos, muros autoportantes, placas de tierra aligerada, estufas, cocinas y gallineros. Se trabaja desde 2005 y participaron alrededor de 50 personas incluyendo vecinos autoconstructores, personal técnico de centros comunales, jóvenes (figura 4), alumnos y profesionales incluidos en proyectos de investigación. Las prácticas educativas se organizan con la modalidad aula-taller, con evaluación de la asimilación de conocimientos, la aceptación de innovaciones y de los métodos utilizados. Forman parte de proyectos multisectoriales y multiactorales que incluyen a centros vecinales, municipios, ONGs, CONICET, universidades y empresas.



Figura 4: Capacitación a jóvenes de zonas urbanas pobres en la fabricación de bloques de suelo-cemento, Bancalari, Buenos Aires, 2006 (Crédito: R. Rotondaro)

c) Cursos teórico-prácticos con práctica intensiva en técnicas constructivas. Destinados a profesionales e interesados en general, se realizan en una chacra privada, El Arca, en Luján, provincia de Buenos Aires. Se utiliza como estrategia el “hacer” mediante trabajo de campo para grupos de hasta 20 personas, en períodos de 3 a 5 días. Se trabaja con grupos de hasta 10 personas por docente. Se explica la técnica constructiva a realizar y luego se organizan grupos a los cuales se les asigna una técnica, con rotación completa y puesta en común al final del taller. Las prácticas se complementan con clases expositivas y debates de integración al final de cada jornada. Se tratan la identificación de suelos y las propiedades de los mismos, y técnicas constructivas: adobe, tapia y quincha (figura 5). Los participantes se alojan en el lugar, lo cual favorece el intercambio de conocimientos y experiencias. Las técnicas se practican en la construcción de una sala para el lugar, de tal modo que los alumnos puedan materializar un sector de elemento constructivo. Son organizados por el grupo Camanchaca Producciones, de Buenos Aires, en acuerdo con los propietarios de El Arca, y la colaboración de docentes invitados y de ONGs (en 2010 la Asociación Civil, Hábitat y Desarrollo, de Buenos Aires).



Figura 5: Capacitación a profesionales y público en general en taller de práctica intensiva en El Arca, Luján, Buenos Aires, 2010 (Crédito: R. Rotondaro)

3. ESTRATEGIAS DIDÁCTICAS EMPLEADAS EN LAS EXPERIENCIAS EDUCATIVAS.

En ambas experiencias educativas, Educación Formal y Capacitación No Formal, se recurrió a una estrategia preinstruccional, que los autores llaman *de sensibilización* pero que se conoce con el nombre de “estrategia de manejo de recursos” (González; Tourón, 1992). Esta estrategia incluye diferentes recursos que contribuyen a que la resolución de la tarea se lleve a buen término. Tiene como finalidad sensibilizar al estudiante con lo que va a aprender; sensibilización hacia el aprendizaje que integra tres ámbitos: la motivación, las actitudes y el afecto (Dib, 1992). La misma consiste en poner en evidencia el conocimiento previo de los participantes, la potencialidad del material, su historia, la posibilidad de autoconstrucción asistida y mejoramiento de la vivienda, colocando los intereses generales e individuales en un contexto motivacional-afectivo que favorezca el aprendizaje. La sensibilización apunta también a lograr la revalorización del material. En las clases más formales se logra a través de imágenes significativas sobre el alcance del campo temático (ciudades actuales construidas con tierra; sitios arqueológicos de miles de años de edad).

En los talleres de práctica constructiva se implementa de manera lúdica mediante el contacto físico con el material base, por ejemplo fabricando un adobe con “barro dormido” o preparando barro para quincha a pie desnudo.

En las experiencias de educación formal se recurrió a la *clase expositiva*, que es por excelencia la estrategia más utilizada en el ámbito de la educación formal universitaria. Esta técnica se empleó tanto para los cursos teóricos de graduados y alumnos avanzados, como para los de actualización profesional y para organismos públicos. Es un medio de enseñanza al que profesores y alumnos están acostumbrados y que se adapta fácilmente a un público de mediana a gran dimensión y de alta capacidad cognitiva, como se espera que sea el universitario de grado y posgrado (Borgobello et al, 2010). Con el paso del tiempo esta modalidad se fue orientando hacia la *clase dialogada*, con intervenciones docentes tendientes a recapitular contenidos, evaluar el grado de comprensión y favorecer la participación. La clase expositiva y la dialogada se complementaron con imágenes brindadas por las nuevas tecnologías (TICs).

Dentro de la educación de grado hemos contemplado el caso de los pasantes, becarios, alumnos de maestría y doctorado. Si bien estos alumnos reciben *clases formales*, nos referimos aquí al caso del director de tesis de grado y posgrado y pasantías de alumnos avanzados, donde la función directiva implica asesorar al estudiante, recomendarle bibliografía y cursos de formación y evaluar sus avances (FLACSO-Reglamento de Tesis). En estos casos es el “andamiaje” (Brunner 1980, 1983) el concepto que mejor describe la interacción en éstas situaciones específicas de aprendizaje, características por el apoyo de carácter intencional y transitorio que el docente, junto con otros compañeros, colegas y la tecnología, pueden proporcionar en éstas situaciones de enseñanza-aprendizaje. Así el becario, pasante ó alumno de posgrado no recibe clases directamente de su tutor, sino apoyo para la construcción de los nuevos aprendizajes, el cual es retirado una vez que el estudiante puede funcionar de manera independiente y hasta la próxima situación en que necesite apoyo. Lo que el profesor ofrece es sólo ayuda, porque el verdadero artífice del proceso de aprendizaje es el alumno. Pero no olvidemos que es una ayuda sin la cual es muy difícil que se produzca la aproximación entre los significados que construye el alumno y los significados que representan los contenidos. (Delmastro, 2008).

En este panorama, las capacitaciones no formales representan un soplo de viento fresco sobre las estrategias didácticas más tradicionales. Sin duda su característica principal es la del diseño y ejecución de las prácticas educativas que colocan en el centro al sujeto que aprende, seleccionando contenidos valiosos por las posibilidades que brindan a quienes se apropian de ellos (Morales, 2009). En este sentido pueden considerarse un ejemplo más del *aula-taller*, como una forma de enseñar y sobre todo de aprender mediante la realización de algo que se lleva a cabo conjuntamente. El aula-taller es una metodología que organiza las actividades académicas y estructura la participación de los estudiantes favoreciendo el aprender-haciendo, en un contexto de trabajo cooperativo (Ander Egg, 1994).

Tanto para los talleres de capacitación de profesionales como de autoconstructores rurales ó urbanos, e independientemente de sus edades, es el trabajo cooperativo y la certeza de ir todos juntos hacia un objetivo común (construir un bloque, una tapia, un panel de quincha, o aportar una nota de color y modernidad a los muros), la que favorece el aprendizaje individual y enriquece el del grupo. Es cierto que estos son grupos con motivaciones claras y tal vez más fuertes que las que traen los alumnos de las prácticas formales; sin embargo el aprendizaje cooperativo transforma la experiencia enriqueciendo sus resultados. Como señala Gardner en “La mente no escolarizada” (Gardner, 1997), nos basamos en un enfoque transformativo, en el que el coordinador actúa como facilitador, al plantear problemas o ubicar al alumno en determinadas situaciones para que éste elabore sus propias ideas, ponga a prueba diferentes modos de resolución y logre su propia construcción conceptual (Castellano; Lo Coco, 2006).

Se destaca el caso de los talleres para profesionales y público en general realizados en Luján, donde asiste público diverso: arquitectos, constructores, artistas, ceramistas e interesados en general, con fines de concretar proyectos personales con técnicas alternativas de construcción. La educación formal no resistiría una composición tan heterogénea en una misma aula, ya que sus métodos están orientados en general a enseñar al conjunto sin atender especialmente al individuo, pero que en esta instancia se convierte en un elemento crucial que enriquece los aprendizajes.

4. CONCLUSIONES Y COMENTARIOS FINALES

De esta revisión de estrategias didácticas surgen elementos que permiten una reflexión hecha a posteriori sobre el modo en que enseñamos, que llevó a clasificar y comprender desde otra visión las estrategias didácticas que fuimos utilizando de manera más intuitiva en la tarea docente, y lo valioso que puede resultar la aplicación de la metacognición en la práctica educativa.

En la evaluación de los resultados de las diferentes capacitaciones se pudo notar que es ventajoso llevar el aula-taller a las clases formales, de tal modo de generar la reflexión crítica fundada sobre el “hacer”; así como también incorporar la reflexión en las prácticas constructivas mediante clases expositivas y reflexiones conceptuales: ambas convivencias contribuyen a la mejor comprensión del tema en cuestión, las Arquitecturas de Tierra. “La metodología del aula-taller comporta un replanteo total en la dinámica de aprendizaje. Si el aula es un taller, el alumno cambia de rol (respecto del aula tradicional), y se transforma en sujeto activo de su propio aprendizaje. Del mismo modo, el docente, de único depositario de la verdad, pasa a ser un sujeto más (aventajado si se quiere) en el proceso de aprendizaje. Su tarea será, sobre todo, la de acompañar, coordinar y desencadenar (cuando esto no suceda espontáneamente) procesos cognitivos, utilizando para ello el diálogo y el debate” (Perkins, 1997).

La metodología del aula taller comporta un replanteo total en la dinámica de aprendizaje. Llevar el aula-taller a la educación formal es un modo de acortar la enorme distancia entre la educación formal y las reales necesidades del estudiante y la comunidad.

En cuanto a las prácticas educativas de tipo pasantía, becario de investigación y alumno de grado y posgrado, están marcadas por la estrategia denominada “andamiaje”, donde el aprendiz no recibe clases directamente de su tutor, sino apoyo para la construcción de nuevos aprendizajes, que es modulado en base a cuando es necesario, pero que también es, como ya se dijo antes, una ayuda fundamental para que el alumno pueda aprender.

Se notaron además en ambas experiencias educativas dos situaciones que aportan a la discusión: a) que es conveniente realizar ensayos sensoriales de identificación de tierras con fines constructivos, ya que favorece el acercamiento, *sensibilización*, con el material base; y b) que la diversidad de situaciones ambientales y humanas de las prácticas educativas realizada, podría considerarse un aprendizaje docente importante para la metacognición en tanto fue una formación de recursos humanos de distintas edades, ocupaciones, intereses, pertenencia institucional, lugar y sabiduría en el contexto nacional.

A modo de cierre, queda abierto el análisis de la experiencia en relación a los ejes metodológicos y a la construcción del Esquema Conceptual Referencial y Operativo utilizado. A modo de anticipo de una próxima presentación, aportamos la siguiente reflexión para seguir pensando: Lo que denominamos “Taller” no encuentra su definición en los ejes técnico o metodológico, sino que la cuestión en la que halla su especificidad es en su dimensión de modalidad operativa: ser un modo de aprender – una forma de adaptación activa a la realidad - flexible y ajustable a los fines de un grupo determinado (teniendo en cuenta una definición amplia de grupo, en la necesaria diferencia subjetiva y de rol de sus integrantes).

También es un resultado emergente importante de esta tarea sistemática para formar e informar, poner en evidencia cuáles son los avances en la enseñanza de esta temática, en qué niveles de la educación formal y no formal se encuentra en cada país y región, así como también cuáles son las estrategias didácticas y las dificultades que se presentan.

Como comentario final, es siempre aconsejable para el docente realizar la metacognición de sus prácticas.

BIBLIOGRAFÍA

Ander Egg, E., (1994). El taller: una alternativa de renovación pedagógica. Buenos Aires: Editorial Magisterio del Río de la Plata.

Borgobello, A.; Peralta, N.; Roselli, N. (2010). El estilo docente universitario en relación al tipo de clase y a la disciplina enseñada. Lima: LIBERABIT.

Bruner, J.S. (1980). The social context of language acquisition. Witkin Memorial Lecture. Princeton, NJ: Educational Testing Services.

Bruner, J.S. (1983). Child's talk: Learning to use language. New York: Norton Bruner.

Castellano, S.; Lo Coco M. (2006). Hacia una conceptualización teórica de la modalidad Taller. UNIrevista, Vol. 1, n° 3.

De la Torre S.; Barrios O., (2002), Estrategias didácticas innovadoras. Barcelona: Ediciones Octaedro. Segunda edición.

Delmastro, A.L. (2008). El andamiaje docente en el desarrollo de la lectura y la escritura en lengua extranjera, Paradigma, Vol. 29 N°1.

Dib, C. Z., (1992). Estrategias no formales para la innovación en educación: concepto, importancia y esquemas de implementación. www.techné.dib.com.br/downloads/3pdf

Etchebarne, R.; Ferreiro, A.; Gallardo, H.; González, A.; Pautasso, M.; Piñeiro, G.; Verzeñassi, D. (2008) "FRONTERRA: talleres de capacitación Uruguay-Argentina". CD TerraBrasil 2008-VII SIACOT PROTERRA. São Luís de Maranhão, Brasil.

Gardner, H., (1997). La mente no escolarizada. Buenos Aires: Paidós.

Garzón, L. E. (2007) "Transferencia tecnológica con tierra...simplemente enseñar?" VI SIACOT- II SIIDS. Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad Autónoma de Tamaulipas, Setiembre 2007. Tampico, México.

González M. C.; Tourón, J. (1992). "Autoconcepto y rendimiento escolar. Implicaciones en la motivación y en el aprendizaje autorregulado", Pamplona: EUNSA, España.

Mellace, R.F.; Sosa, M.; Latina, S.M.; Arias, L.; Alderete, C.; Ferreyra, I.; Rafael Soria Bravo, R., Rotondaro, R. (2005). CRIATIC, Centro Regional de Investigaciones de Arquitectura de Tierra Cruda, FAU UNT. Tucumán, Argentina. Construcción con Tierra 1. IAA/CIHE, FADU, Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires.

Morales, M., (2009). Educación no formal. Una oportunidad para aprender. En: Aportes para la elaboración de propuestas de políticas educativas. Marcelo Morales compilador, 14, UNESCO OREALC.

Neves, C. (2004), "Proyecto 6 PROTERRA/CYTED. CD Seminario Internacional de Construcción con Tierra." CYTED/HABYTED-PROTERRA. San Salvador, Setiembre 2004. El Salvador.

Perkins, D. (1997), La escuela inteligente. Editorial Gedisa. Barcelona.

Rotondaro, R. (1990), Curso teórico-práctico arquitectura de tierra y tecnología apropiada. Ficha 2 PER INBIAL, Universidad Nacional de Jujuy. S.S. de Jujuy.

Rotondaro, R.; Patrone, J. C.; Rolón, G. (2010). Formación teórico-práctica de recursos humanos en arquitectura y construcción con tierra en distintos ámbitos de Argentina. CD Seminario X SIACOT URUGUAY. Noviembre 2010, Universidad de la República-Red PROTERRA. Salto-Montevideo, Uruguay.

NOTA

(1) CONICET (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas); Facultades de Humanidades y Ciencias Sociales, y de Arquitectura, Diseño y Urbanismo en las provincias de Jujuy, Tucumán, Córdoba, Santa Fé, La Rioja y Buenos Aires; Escuela Cailén, Bariloche; centro de Actualización Profesional FADU UBA; Centro Educativo No Formal 2, Jujuy, Programa Expansión y Mejoramiento de la Educación Técnico Agropecuaria.

(2) Colegios de Arquitectos de Jujuy y Tucumán; Centro de Investigación en Tecnología Apropriada y Restauración, Jujuy; Centro Internacional para la Conservación del Patrimonio (CICOP), Buenos Aires; centro Terrabaires; Grupo Construcción Natural Bariloche; El Arca, Luján, Buenos Aires; Grupo Camanchaca Producciones; Fundación CEPA (Centro de Estudios y Proyección del Ambiente), La Plata; Fundación Pilotos Solidarios, Buenos Aires-Santiago del Estero; Asociación PROTEGER, Buenos Aires; SEDECA (Secretariado de Enlace de Comunidades Autogestionarias), Buenos Aires; Asociación Civil Hábitat y Desarrollo, Buenos Aires.

(3) Reserva de la Biósfera Laguna de Pozuelos-Gobierno de Jujuy; Instituto Provincial de Vivienda y Urbanismo, Catamarca; Ministerios de Obras Públicas de Catamarca y de Desarrollo Social de la Nación; Agencia de Cultura de La Rioja; municipalidades de Cieneguillas y Humahuaca, en Jujuy; 25 de Mayo en Misiones; y en Buenos Aires: Magdalena, General Pueyrredón, Tigre y Florencio Varela; Instituto Nacional de Tecnología Industrial, INTI, Buenos Aires.

(4) Embajada del Reino de los Países Bajos sede Buenos Aires; empresa Chevalier; empresas de Electricidad Atlántica; San Arawa; y Yacimiento Minera y Canteras Yaraví, SA. en Mar del Plata.

(5) Comunidades de la Cuenca de Pozuelos, Jujuy; pobladores y comunidades de Valles Calchaquíes, Tucumán; comunidad Mbyá Guaraní de Tamandúá, Misiones; comunidad de San Jorge y Bandera Bajada, Huarmis Yamcadoras, Santiago del Estero; centro vecinal El Nuevo Progreso, Bancalari, Buenos Aires.

AUTORES

Rodolfo Rotondaro. Arquitecto UNMDP, Maestría CRATerre/UPAG (Francia). Investigador Independiente CONICET. Profesor y Director del Programa ARCONTI, Arquitectura y Construcción con Tierra, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de Buenos Aires. Miembro de la Red PROTIERRA Argentina y PROTERRA Iberoamericana. Consultor en proyectos y asesoramientos técnicos en construcción con tierra.

Virginia Mascitti. Doctora en Ciencias Biológicas FCEN-UBA. Profesora Titular del Instituto del Profesorado J.V. González, Ciudad de Buenos Aires. Especialista en ecología de poblaciones. Trabajó en reservas y áreas protegidas en áreas rurales y urbanas de Argentina. Investigadora del Programa ARCONTI, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de Buenos Aires.



PASSAGEM DE TÉCNICAS CONSTRUTIVAS DE BAMBU E FIBROBARRO PARA COMUNIDADE DE BAIXA RENDA

Correia de Melo, João Victor¹; Yamaki, Roberto Takao²; Ripper, José Luiz³

¹ Professor/Pesquisador - LILD – DAD - PUC-Rio* – jvictor23@gmail.com

² Mestrando - LILD – DAD - PUC-Rio* – rtakao@gmail.com

³ Professor Emérito/Coordenador - LILD – DAD - PUC-Rio* – lucasripper@yahoo.com.br

* Departamento de Artes e Design, PUC-Rio - R. Marquês de São Vicente 225, Gávea, Rio de Janeiro-RJ

CEP 22453-900 Cx. Postal 38097 Fax: (5521)3527-1589 Tel: (5521)3527-1595 / 3527-1941

Palavras-chave: passagem de técnica, fibrobarro, bambu, comunidades, convivencialidade.

RESUMO

Este artigo tem como objetivo principal divulgar um dos desdobramentos da pesquisa sobre métodos construtivos de estruturas que utilizam bambu e fibrobarro, desenvolvidos pelo Laboratório de Investigação em Living Design – LILD - da PUC-Rio.

Por muitos anos, o ensino e a pesquisa de técnicas ficaram restritos, principalmente, ao meio acadêmico. Em contrapartida, uma técnica que não está em uso no mundo real não pode ser comprovada e torna-se apenas uma possibilidade, uma ideia em espírito. Dessa forma, a passagem das técnicas em desenvolvimento no LILD para comunidades necessitadas é uma atitude em ascensão na pesquisa do laboratório.

A atividade aqui relatada foi realizada com o grupo de uma horta comunitária na comunidade do Jardim Anil, localizado em uma área carente da cidade do Rio de Janeiro. Seguindo as ideias de técnicas convivenciais e educação problematizadora, realizamos encontros regulares com o grupo, nos quais se pretendeu formar laços de confiança e camaradagem, de maneira que os conhecimentos gerados no laboratório pudessem ser trocados com os conhecimentos do grupo de maneira não convencional, lúdica e inclusiva.

Como desdobramento desse processo, estabelecemos o objetivo de realizar uma construção em bambu e fibrobarro utilitária, construída pelo grupo em conjunto com os pesquisadores, dando condições para que os envolvidos tenham interesse e capacidade de realizar sua manutenção e futuramente realizar novas construções de maneira autônoma.

1.INTRODUÇÃO

O trabalho na comunidade do Jardim Anil começou no início de 2011 e estende-se até a presente data. O uso de técnicas não convencionais desperta a discussão sobre autonomia da população local no processo construtivo e a propagação de conhecimento através do relacionamento entre indivíduos. No LILD, a pesquisa e ensino destas técnicas busca disseminar a mentalidade de construção e desenvolvimento com o mínimo de impacto e mínimo de resíduos, fazendo uso de técnicas tradicionais adequadas ao clima e a realidade local. Tanto o processo de investigação dentro do laboratório, como o ensino para comunidades em campo utilizam largamente o modelo em escala como ferramenta.

A atividade realizada com o grupo da horta comunitária na comunidade do Jardim Anil segue as ideias de técnicas convivenciais, levantada por Ivan Illich (1976), e educação problematizadora apontada por Paulo Freire (2011). Suas reflexões são aplicadas no LILD na disseminação de técnicas tradicionais de edificação, com recursos locais e o mínimo de impacto ambiental, melhorando a qualidade de vida com o ensinamento de processos construtivos, e incentivando a passagem de técnicas dando autonomia ao local.

O relacionamento do LILD com a comunidade do jardim Anil evidencia a postura do laboratório de prática do design. Essa prática deve ser colocada em campo, pois o exercício do conhecimento atesta a relevância da pesquisa, a verdadeira práxis (FREIRE, 2011). O trabalho de campo realizado demonstra o potencial pedagógico da miniatura como ferramenta para ensino da técnica e capacita a comunidade para construir edificações em terra utilizando recursos acessíveis, dando maior autonomia e autoestima ao local.

2. O LOCAL

O Jardim Anil foi criado no ano 2000. Situa-se ao final da Estrada Curipós, englobado pelo condomínio Jardim Clarisse, na localidade do Anil no bairro de Jacarepaguá, Rio de Janeiro, RJ.

Trata-se de uma pequena comunidade chamada informalmente, pelos moradores das redondezas, de “rua das casinhas”. Foi estabelecida a partir da desapropriação das moradias da antiga favela do Canal do Anil, retirada para as obras da calha do Rio Anil.

O local possui 220 casas, e com aproximadamente 1.000 moradores, abriga famílias com renda média de dois salários mínimos com quatro filhos e razoável infraestrutura de água, luz, esgoto e telefone. O caráter personalizado das habitações - indicando aí o dedo do morador nas decisões construtivas, tendo cada casa, cores e ornamentos de fachada próprios – difere da monotonia formal dos conjuntos habitacionais padronizados, tantas vezes contestados do ponto de vista social.

Em uma área de 14.000m², na “rua das casinhas”, destinado a Fundação Parques e Jardins (FPJ) da Prefeitura do Rio, existe a Horta Orgânica, implantada pela AMAJA (Associação de Moradores e Amigos do Jardim Anil) em 2006, com orientação do Rio Hortas, através do Projeto Horta Escola da FPJ.

A iniciativa filiada ao Projeto Hortas Cariocas, da Secretaria do Meio Ambiente tem como objetivo capacitar moradores para a montagem das primeiras pilhas de compostagem e posteriormente o plantio dos primeiros módulos de batata doce e aipim. Hoje, o local conta com 22 módulos com quatro canteiros cada, e uma produção esperada de 500 kg por semana.

Um dos objetivos é a implantação de um modelo sustentável de projetos de mini usinas de reciclagem e economia solidária, com a criação de uma equipe de 30 jardineiros mirins, crianças moradoras do local, que ensinam para a família e amigos a importância de reaproveitar as sobras e cascas orgânicas para o processo da compostagem, que adubam a horta de maneira racional, econômica e ecologicamente correta.

3. MATERIAIS, TÉCNICAS E MÉTODOS

3.1 Oficinas

Nas primeiras visitas ao local, por uma equipe do LILD, Dona Dirce, que é a líder encarregada pela administração do local apresentou seus membros, assim como o espaço e algumas de suas demandas.

Como introdução, fizemos uma oficina de amarração e miniaturas¹, demonstrando o método do laboratório e os materiais que trabalhamos (Ripper; Moreira, 2004; Yamaki, 2012; Correia de Melo, 2011). Neste encontro foi ensinado o princípio da amarração em giro no bambu, o comportamento do material e o funcionamento de uma treliça. Os materiais utilizados foram linha encerada e palitos de bambu.

O grupo foi dividido em dois: um ficou responsável pela confecção da miniatura da treliça e o outro responsável pela miniatura de um pequeno domo. Depois os grupos foram trocados, de forma que ambas as tarefas foram concluídas pelos dois grupos. Como o objetivo era

apenas fazer uma introdução aos princípios básicos, os palitos de bambu já foram fornecidos no tamanho correto. Desta forma o foco ficaria nas amarrações e conexões entre as varetas de bambu.

A equipe da horta demonstrou muito interesse no potencial uso das estruturas construídas e no momento foram sugeridas aplicações como cercas, bijuterias e artesanatos. Foi observado que o entendimento das estruturas foi facilitado pela construção e manipulação direta das miniaturas - como objeto comum de decodificação e entendimento entre as partes (Freire, 2011). A interação com as pessoas e o ensino da técnica passo a passo colabora muito com o entendimento, dada à baixa escolaridade formal das pessoas que ali trabalham. Um comentário interessante foi em relação à desmistificação da forma, pois a observação de um domo pronto trás intimidação pela sua forma complexa. No entanto, ao aprender os passos de forma coesa e didática, lidando diretamente e aprendendo os gestos corretos, a estrutura deixa de ser algo que assusta, para ser algo que auxilia o entendimento (Illich, 1976; Flusser, 2007).

Neste momento, não foi dada nenhuma função específica para cada estrutura, deixando isto a cargo de cada um. Com isto, pretendeu-se estimular a criatividade individual e a liberdade na aplicação das formas no espaço (Santos, 2009). Se fosse dada uma função, ou mera sugestão de uso de pronto, o uso dessas formas poderia ser entendido apenas nessa forma.

3.2 Problematização

De acordo com as demandas levantadas nos encontros anteriores, foi selecionada uma estrutura para construção em escala de uso: um galinheiro. Porém, a forma deste galinheiro deveria ser planejada junto ao grupo, estimulando sua criatividade, autonomia e autoestima. A intenção é que a forma deva seguir de acordo com o repertório do LILD, com técnicas que o laboratório trabalha (Ripper; Moreira, 2004).

O laboratório poderia facilmente chegar ao Anil com uma construção já pré-concebida. A trajetória do laboratório e o conhecimento acumulado garantiriam facilmente a construção de uma estrutura simples como um galinheiro. Todavia, isso iria contra o objetivo do trabalho, que é justamente estimular o interesse de construir por conta própria, utilizando os materiais que iríamos tratar, além de utilizar os conhecimentos vernaculares da equipe da horta. Eles conhecem as particularidades do local, portanto, é muito mais interessante para todos que este trabalho de concepção fosse realizado em conjunto, ouvindo opiniões, experiências e demandas das pessoas que realmente iriam utilizar diariamente a construção (Freire, 2011; Illich, 1976; Ripper; Moreira, 2004).

Com o grupo, foram levantadas as solicitações pertinentes a um galinheiro funcional (Figura 1). Foram levantados os problemas e as soluções dadas por cada um. Após isso, foi proposto que cada um do grupo fizesse um desenho da sua ideia, utilizando as formas geométricas básicas já apresentadas.

Cada um fez o desenho e o apresentou ao grupo. As ideias foram reunidas e discutidas. Um fato interessante observado foi a falta de tridimensionalidade dos desenhos apresentados. Em alguns casos, as representações dadas às estruturas desenhadas eram planificações sem muita noção de perspectiva. Em outros casos, o solo foi representado apenas como uma linha, e o desenho tratado no eixo "x" e "y". Este fato evidenciou a importância do uso da miniatura no entendimento futuro da construção.



Figura 1 – Dona Dirce demonstra algumas atividades desenvolvidas no local (*esq.*) e cada membro do grupo demonstra seus desenhos e opiniões acerca do galinheiro (*dir.*)

A experiência pessoal de cada integrante também foi de grande importância, pois com isso foram levantadas informações que não seriam consideradas se o laboratório chegasse com um desenho pronto. Ficou óbvia, portanto, a importância do relacionamento da construção com o próprio usuário, já que este fará sua manutenção e uso. No caso, os trabalhadores do Anil sabiam o que era necessário para se construir um bom galinheiro, pois a maioria já possuiu um.

3.3. Visita ao LILD

Para demonstrarmos aplicações concretas das técnicas que estavam sendo mostradas, optamos por realizar um encontro na PUC, no nosso laboratório. Lá, o grupo do Anil pôde ver de perto diversos objetos e técnicas, além de terem a oportunidade de fazer o seu primeiro objeto em escala de uso.

Junto com os alunos da graduação e do laboratório, o grupo construiu uma treliça de um metro de altura e três de comprimento, utilizando bambu e cordas (Figura 2). A conclusão da treliça foi facilitada, pois o grupo já estava familiarizado com a forma da treliça e as amarrações envolvidas.

A visita ao laboratório foi crucial por mostrar todo o trajeto e conhecimento do laboratório acerca das técnicas de bambu e terra. Alguns membros ficaram legitimamente espantados, por achar que a pesquisa apresentada anteriormente não era “tão séria” e a visita ajudou a corrigir este estigma. Agora, ambos os lados se conheciam.

É muito comum depararmos com este tipo de pensamento na área da construção. A construção de barro carrega o preconceito de se tratar de algo inferior. Ao se deparar com o laboratório e os objetos ali expostos, o grupo do Anil percebeu a seriedade e o valor da pesquisa, inspirando maior interesse e confiança no projeto.



Figura 2 – O grupo formado pelos trabalhadores do Anil, alunos de graduação em design e pesquisadores do LILD montam a treliça, antes explicada em forma de miniatura (detalhe)

Devido à empolgação geral com os dados que vem sendo coletados, foi levado um grupo bem maior de pesquisadores que o comum (nove, quando normalmente iam apenas três ou quatro), o que gerou um pequeno desvio no foco. Nada que atrapalhasse o trabalho, porém a atenção do grupo ficou prejudicada.

Neste encontro, a importância da estrutura a ser construída foi novamente debatida, porém agora com um contingente maior de pessoas. Com as novas informações que ambas as equipes coletaram até este ponto do relacionamento, chegou-se à conclusão que apesar da necessidade momentânea do galinheiro, outras carências poderiam ser sanadas. O fator determinante foi a possibilidade de a estrutura ser utilizada de maneira multifuncional. Portanto o galinheiro foi momentaneamente abandonado para dar lugar a um minhocário. Segundo Dona Dirce, as minhocas são fundamentais na manutenção da horta e seu preço cobrado por unidade é altíssimo. Como existem limitações de verbas, os trabalhadores do local solucionaram o problema cultivando suas próprias minhocas.

3.4. O Minhocário

A criação de minhocas e húmus acontece para dar assistência às necessidades da horta, onde se trabalha de forma orgânica. A configuração do criadouro utilizado no Anil é: três engradados de supermercado empilhados e uma base como suporte. No primeiro engradado é colocada a comida para as minhocas, no segundo fica a terra onde elas vivem e o terceiro possui uma torneira, onde o chorume fica acumulado proveniente da alimentação das minhocas. Outro recipiente utilizado como criadouro é uma caixa d'água de fibra, que estava sem uso e também será empregado no cultivo de minhocas.

Estes engradados ficam expostos ao tempo, e realocados em diversos lugares de acordo com a necessidade de espaço. Porém, o ideal seria guardar todos em um mesmo local, protegido das intempéries e organizados de forma ordenada. A ideia de construir um local para estes minhocários tornou-se atraente porque, além da necessidade de um espaço para guardá-los, este espaço poderia ser amplo e atraente o suficiente para que outras necessidades possam ser desenvolvidas nele com conforto.

Portanto foi realizado um procedimento semelhante ao anterior, coletando informações sobre exigências e limitações de um minhocário (Figura 3). Foi selecionado um local para a sua construção, que é uma área livre entre as árvores e não alaga com as chuvas. O local foi limpo e planejado com enxadas e picaretas.

A estrutura a ser construída foi inspirada no yurt², que é uma construção relativamente simples e ampla. Além disso, utiliza a treliça como elemento estrutural, elemento já tratado com o grupo anteriormente, e não causaria estranhamento durante o processo.



Figura 3 – O grupo debate sobre o minhocário (em detalhe)

Para dar início às atividades, o laboratório forneceu bambus *Phyllostachys aurea*, que estavam disponíveis. Com estes bambus, a treliça que serve como parede foi confeccionada com a colaboração de todos. O conhecimento adquirido com os encontros anteriores facilitou o processo. As miniaturas trabalhadas com o grupo ensinaram a técnica de construção da treliça sem maiores problemas, de modo que a construção da treliça em escala de uso correu bem. Apenas uma dúvida ou outra tiveram que ser sanadas.

A forma básica da construção foi definida e parte dela já construída. Neste ponto já se percebe que a intimidade entre os membros do Anil e do LILD aumenta, facilitando a troca de informações. A cada encontro, também, se percebe que a habilidade técnica dos trabalhadores do Anil aumenta, devido ao constante treinamento gestual.

Conforme esperado, os laços entre o grupo e os membros do laboratório se tornam mais fortes, assim como o manejo da técnica. Isto deixa clara a importância de se realizar encontros no mínimo semanais, a fim de firmar o relacionamento. Outro ponto a ser observado no momento é o interesse dos membros do Anil, que diferente dos alunos de graduação que participaram em algumas fases, não estão interessados apenas em adquirir uma nota ou presença. A intenção do grupo é aplicar a técnica em benefícios pertinentes ao seu cotidiano, daí o seu maior empenho.

3.5. Encontros semanais

Ficou acordado que dali em diante os encontros seriam semanais e na parte da manhã. Uma dificuldade encontrada foi conciliar os horários entre as duas equipes. Enquanto os membros do laboratório possuem seus compromissos com aulas, laboratório e trabalho, os

trabalhadores do Anil possuem a rotina de manutenção, colheita e plantio da horta. O tempo empregado na construção da estrutura, portanto, é tempo retirado para o desempenho destas funções. Apenas um encontro semanal é pouco, mas infelizmente não foi possível pedir mais do que isso.

O bambu fornecido pelo laboratório foi suficiente apenas para começar o trabalho. O restante foi coletado em outro local, localizado também em Jacarepaguá, da espécie *Bambusa tuldooides*. Após a colocação da treliça no local correto, os três próximos encontros foram dedicados à sua fixação (Figura 4). Para evitar o apodrecimento do bambu, a treliça foi apoiada em uma base de pedras, coletadas no local, de vinte centímetros de altura. As pedras evitam também o contato direto do barro com o solo, garantindo maior durabilidade.

Os bambus coletados foram abertos em ripas e colocadas por entre a treliça. Este procedimento tem como objetivo dar maior estabilidade à parede e dar base para que o barro a ser depositado seja fixado. Também foi ensinado nestes encontros o manejo correto do bambu e do facão.

Os próximos encontros foram dedicados ao barreamento da treliça. Para que a chuva não atrapalhasse, foi colocada uma lona como cobertura provisória. A terra utilizada foi coletada em uma praça que existe no local, perto de um campo de futebol. Vale lembrar que essa terra não é proveniente do local, foi comprada pela Prefeitura para recapeamento do campo e sobrou.

Optamos por utilizá-la, pois, à primeira vista, nos pareceu de boa qualidade. Além disso, o que sobrou já estava lá, há algum tempo, não seria usado e agilizaria o processo, pois não iríamos precisar coletá-la, visto que o barreiro mais próximo é mais distante que o local onde esta terra se encontrava. Desse modo, não houve problema em reaproveitá-la, sendo, posteriormente, peneirada e preservada na caixa d'água, antes mencionada, misturada com água.



Figura 4 – Construção da treliça e ensino da técnica de fibrobarro

A técnica empregada foi a de fibrobarro, ou fibrosolo (Leme, 2003; Alvares, 2008), que consiste em misturar o barro (terra + água) com alguma fibra natural. É uma técnica já bem conhecida pelo LILD, que vem sendo utilizada em vários experimentos, como, por exemplo, em um túnel utilizado como espaço para uma exposição de demonstração das técnicas desenvolvidas no laboratório e seus parceiros. No caso, a fibra utilizada no Anil foi a grama seca, que é doada para a horta pelos vizinhos e é usada principalmente como cobertura natural para as hortaliças recém-plantadas.

A técnica foi passada com grande facilidade (Figura 4). Um dos grandes benefícios do barro é que todos podem contribuir e o trabalho em forma de mutirão funciona muito bem. Seu manejo simples possibilita que todos consigam trabalhar com ele. Tanto homens, quanto

mulheres colaboraram na execução do muro, alguns inclusive idosos. Tal quadro dificilmente ocorreria em uma obra tradicional de alvenaria, em que os materiais são geralmente pesados e insalubres.

O barro é misturado à fibra em forma de placa. A altura correta da placa é corrigida por placas de madeira que atuam como gabaritos. Desta forma, é garantida a uniformidade da parede. Com o auxílio de um plástico, a placa é levada à treliça e acomodada de forma que cubra todo o bambu. É importante frisar que a integridade do bambu na construção é favorecida desde que o mesmo esteja completamente imerso no barro. Isso previne sua decomposição e o aparecimento de insetos que se alimentam de bambu. As placas são acomodadas dos dois lados (interior e exterior), de baixo para cima.

Paralelamente ao trabalho em campo, foi feito um modelo em escala da estrutura que estava sendo construída. A miniatura da treliça, curiosamente neste contexto, surgiu depois do objeto. Nela foi estudada a melhor forma de cobertura para o espaço.

A primeira intenção foi construir duas cúpulas catenárias, que ficariam posicionadas lado a lado suspensas por uma estrutura de bambu. Este caminho foi abandonado pela dificuldade prevista para os trabalhadores do Anil. Apesar de simples, é um passo mais adiantado na pesquisa e eles, ainda, não tiveram contato com essa técnica. Como essa é a primeira experiência com o grupo, foi decidido que as técnicas deveriam ser ensinadas progressivamente. Sendo assim, como primeira fase, quanto mais simplificada a técnica, melhor seria o seu entendimento.

Chegou-se à conclusão que toda estrutura a ser construída deveria utilizar o mesmo elemento construtivo: a treliça pantográfica. Essa estrutura, já ensinada ao grupo, possui uma gama de aplicações pertinentes. Utilizando a treliça de bambu em diferentes partes da construção, é possível demonstrar ao grupo do Anil o caráter multifuncional desse elemento em diferentes formas geométricas. Além de simplificar a construção, o uso da treliça pantográfica estimula a capacidade criativa do grupo em futuras construções.

A cobertura estudada em forma de miniatura prevê três treliças como cobertura, uma central e duas laterais (Figura 5). Estas pantográficas, sustentadas por colunas de bambu, deverão receber uma cobertura de barro e cal hidratada – passo ainda em desenvolvimento.



Figura 5 – Miniatura da cobertura composta por treliças (esq.) e modelos eletrônicos utilizados em conjunto na busca de informações sobre o objeto (dir.)

Os encontros semanais seguintes foram dedicados a este trabalho de barreamento. O grupo participante do Anil começou com dez pessoas e fixou-se em seis. Estas demonstraram maior interesse e participaram de todos os encontros. O grupo participante do LILD fixou-se

em quatro participantes com presença fixa semanal. O grupo participante do Anil também manteve a média de quatro participantes por encontro.

A construção do minhocário continuará (Figura 6). No momento, está com o piso planificado e com sua mureta externa barreada. Como atividades futuras, então previstas a construção da cobertura e acabamento e impermeabilização das paredes - que acompanha a pesquisa de impermeabilização do fibrobarro com cal e resina vegetal.



Figura 6 – Estado atual do minhocário, com a mureta completa

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS:

Nesse trabalho de campo várias pesquisas estão sendo realizadas em paralelo. Além do ensino e investigação através das miniaturas, estão sendo realizados experimentos com fibrobarro, formas de impermeabilização com cal, novas fibras naturais aplicadas ao barro, entre outros. Ou seja, a experiência com a comunidade do Jardim Anil está beneficiando ambas as partes de várias formas, com diversas aplicações sendo experimentadas.

Como dito, a pesquisa no Anil envolve vários experimentos que caminham em harmonia. Outras investigações darão prosseguimento ao projeto. O mais importante é preservar o contato, pois este relacionamento rendeu e ainda renderá muitos frutos.

O trabalho também demonstrou o potencial pedagógico da miniatura como ferramenta para ensino da técnica. O pessoal local possui baixa escolaridade formal, então outras formas de representação das formas geométricas apresentadas e do objeto a ser construído poderiam ser mal compreendidas, pois a linguagem não seria comum entre os interlocutores, prejudicando o caráter dialógico fundamental a um real aprendizado (Freire, 2011).

O uso da miniatura evita estas situações. Por se tratar de algo palpável e manipulável, seu entendimento é facilitado universalmente. As oficinas dadas ao pessoal ao longo desta pesquisa evidenciaram o interesse das pessoas nas técnicas do bambu e terra. E como pode ser simples o seu ensino, desde que feito de maneira lúdica e participativa.

A prática no Anil demonstrou a miniatura como ponto de partida e como resultado. O ponto de partida ocorreu quando esta foi apresentada, auxiliando a compreensão do objeto e da

técnica. O resultado pôde ser observado quando Seu Fernando, um dos membros do Anil, nos surpreendeu com uma pequena miniatura de treliça que havia construído, totalmente por conta própria. Nossa surpresa foi ainda mais grata, quando ele nos informou que já estava com um trabalho agendado para construir uma treliça na casa de uma cliente. A técnica passada já estava rendendo frutos e de certa forma melhorando a vida dos envolvidos.

O outro fruto rendido é a construção do minhocário em si. A construção feita em conjunto, em forma de mutirão, dá personalidade ao objeto. Quando sua impressão digital fica registrada no barro, é como se aquilo passasse a fazer parte de você. A construção se transforma em algo pessoal. Cria interação, diálogo e reflexão entre e os participantes e o objeto construído. Gera, dessa forma, um domínio da técnica, o que transmite confiança e gera interesse em continuar e replicar o processo.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARES, L. R. (2008). *Cúpula Catenária de "Fibrobarro" estruturado com bambu - Concepção e Processo Construtivo*. Dissertação (Mestrado em Design) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro:

CORREIA DE MELO, J. V. (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, Rio de Janeiro.

FLUSSER, V. (2007). *O Mundo Codificado*. São Paulo: Cosac Naif.

FREIRE, P. (2011). *Pedagogia do Oprimido*. Rio de Janeiro: Paz e Terra.

ILLICH, I. (1976). *A Convivencialidade*. Lisboa: Publicações Europa-América.

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*. Tese (Doutorado em Design) - PUC-Rio. Rio de Janeiro.

RIPPER, J. L.; MOREIRA, L. E. (2004). Métodos de Ensino de Design de Produtos e sua Aplicação às Estruturas da Engenharia Civil. In: Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia, 32. Brasília. *Anais...* Brasília: UNB/ABENGE. p.12

SANTOS, M. (2009). *A Natureza do Espaço: Técnica e Tempo, Razão e Emoção*. São Paulo: Editora da universidade de São Paulo.

YAMAKI, R. T. (2012). *O uso da miniatura no desenvolvimento e passagem de formas técnicas: subjetividade e materialidade*. Dissertação (Mestrado em Design) - PUC-Rio, Rio de Janeiro.

NOTAS

1 Modelos em escala reduzida utilizados na investigação da forma (Yamaki, 2012)

2 Yurt é uma tenda circular usada tradicionalmente pelos pastores mongóis, e sua história remonta a três mil anos atrás. Possui uma estrutura interna pantográfica de madeira, com parede na altura de um homem e teto ligeiramente abobadado. Coberta geralmente com lã branca, toda a estrutura é de fácil montagem, estável e suporta fortes ventos e tempestades.

AUTORES

João Victor Correia de Melo. Mestre em Design (PUC-Rio, 2011), Graduação em Desenho Industrial (EBA/UFRJ, 2007). Pesquisador do Laboratório de Investigação em Living Design – LILD, Professor Colaborador do Departamento de Artes e Design da PUC-Rio.

Roberto Takao Yamaki. Mestrando em Design (PUC-Rio), Graduação em Desenho Industrial (EBA/UFRJ, 2008), Graduando em Arquitetura e Urbanismo (FAU-UFRJ). Pesquisador do Laboratório de Investigação em Living Design – LILD vinculado ao Programa de Pós-graduação em Design do Departamento de Artes e Design da PUC-Rio.

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 Living Design – 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.



PROYECTO PILOTO DE TRANSFERENCIA DE NUEVA TECNOLOGÍA PARA REFUERZO DE CONSTRUCCIONES EN ADOBE: CONDORILLO ALTO, CHINCHA-PERÚ

Méndez, María Teresa¹; Palacios, Palermo²; Mora, Ronny²

- (1) Coordinadora, Centro de Estudios para Comunidades Saludables, Universidad Ricardo Palma, Av. Benavides 5440, Lima33, +511-997352174 mmendez@mail.urp.edu.pe
- (2) Voluntario, Centro de Estudios para Comunidades Saludables, Universidad Ricardo Palma, Av. Benavides 5440, Lima33, +511-7080000 Anx. 8338, cecos@urp.edu.pe

Palabras clave: Transferencia de tecnología, adobe, junco, técnicas constructivas

Resumen

Este trabajo refiere experiencias y metodologías empleadas en un proyecto piloto de transferencia de conocimientos de una nueva técnica constructiva a una población rural: el refuerzo estructural de muros de adobe con mallas de junco (*Junco bufonius*). El objetivo fue definir un modelo de trabajo protagonizado por los mismos pobladores, orientado a difundir esta nueva técnica constructiva en poblaciones rurales. El trabajo se desarrolló entre Febrero y Marzo del 2011 en el Centro Poblado Condorillo Alto, distrito de Chincha, una población de muy escasos recursos y afectada por el terremoto del 2007. Para el desarrollo del trabajo se empleó una metodología participativa que involucró a autoridades de la zona, dirigentes vecinales y pobladores para contar con su participación. El trabajo se dio inicio con reuniones de sensibilización a la población sobre diferentes temas relacionados al proyecto. Luego realizamos talleres de capacitación sobre elaboración de la malla, preparación del adobe y colocación del refuerzo con malla, brindando a la vez una oportunidad de mejora en sus ingresos económicos a los participantes y por último se trabajó de manera práctica todo el proceso constructivo. Todas las etapas de construcción del módulo fueron realizadas por los pobladores mismos, asesorados por los alumnos voluntarios participantes, los que residieron en el poblado durante toda la ejecución. Se concluyó que para una adecuada transferencia de tecnología es muy importante considerar el manejo social en todas las etapas de trabajo, incorporando técnicas de motivación que permitan la identificación de la población con el proyecto. Se contó con el financiamiento del Centro de Estudios para Comunidades Saludables CECOS-BRIGURP de la Universidad Ricardo Palma y el apoyo logístico de la Municipalidad Provincial de Chincha. Es la primera experiencia de transferencia de conocimientos sobre esta nueva técnica constructiva realizada en el país.

Resumo

Este trabalho relata as experiências e metodologias utilizadas em um projeto piloto de transferência de conhecimento de novas técnicas de construção: o reforço estrutural das paredes de adobe com malha de junco (*Junco bufonius*) numa população rural. Nosso objetivo foi definir um modelo de trabalho cujos protagonistas foram a própria população, orientada para difundir esta nova técnica de construção nas áreas rurais. Foi conduzido o trabalho entre fevereiro e março de 2011 no *Centro Poblado Condorillo Alto*, distrito de Chincha, cuja população é muito pobre e foi bastante afetada pelo terremoto de 2007. A metodologia utilizada para desenvolver o projeto envolveu a participação das autoridades locais, líderes do bairro e moradores locais. O trabalho começou com reuniões de sensibilização da população sobre várias questões relacionadas ao projeto. Em seguida, foram realizadas oficinas sobre o tecido da malha, preparação e colocação de reforço da malha no adobe, oferecendo aos participantes uma oportunidade de melhoria em sua renda, e por último se trabalhou em todo o processo construtivo. Todas as etapas da construção do módulo foram feitas pelos próprios moradores, assistida por os estudantes voluntários participantes, que residiram na aldeia durante toda a execução deste. Concluiu-se que para a transferência de tecnologia é muito importante considerar uma gestão social permanente em todas as fases do trabalho, considerando técnicas motivacionais que permitem a identificação efetiva da população com o projeto. Contou-se com o financiamento do *Centro de Estudios para Comunidades Saludables CECOS-BRIGURP* da *Universidad Ricardo Palma* e o apoio logístico do Governo Provincial de Chincha. É a primeira experiência de transferência de conhecimento desta nova técnica de construção realizada no país.

1. INTRODUCCIÓN

Fueron solamente 2 minutos de sismo los que tomaron a la población desprevenida, aunque en la superficie todo ocurrió con una diferencia de alrededor de 1 minuto, que es lo que tardaron las ondas sísmicas en alcanzar la costa. Esta ocurrencia de 2 rupturas seguidas, fue devastadora: “el vicecomandante del Cuerpo General de Bomberos informó que el número de muertos se elevaría a 510 y los heridos podrían sumar 1150. La mayor parte de ellos, dijo, están en las ciudades de Pisco, Chincha e Ica. Ognio recalcó que dicha cantidad puede ir incrementándose en el transcurso del día, pues no se descarta que dentro de los escombros se encuentren personas que han sido reportadas como desaparecidas. Sin embargo, precisó que resulta muy difícil que se encuentre sobrevivientes. Asimismo, agregó que en la mayoría de los casos las muertes sucedieron por asfixia o aplastamiento de las paredes, que en casi todas las ciudades eran de quincha o adobe. Detalló que el número de viviendas destruidas están ubicadas en: Chincha Alta (**2800**), Pueblo Nuevo (**5000**), Sunampe (**2000**), Grocio Prado (**1500**) y Tambo de Mora (**400**), dando un total de **11.700**. Debido a la cantidad de víctimas han colapsado los hospitales de dichas zonas” (Diario El Comercio, 16/8/2007)

Debido a que todo el largo de nuestra costa es zona sísmica, especialmente centro y sur, debemos siempre estar preparados ante la posibilidad de un sismo. Por eso nuestra mejor arma será siempre la prevención. Tavera y Bernal (2005), hacen como pregunta final ¿...y ahora que sabemos dónde ocurrirá un gran sismo en el futuro, qué hacemos...? La respuesta es **educación** y **preparación** en todos los niveles a fin de no ser afectados o no sufrir daños de consideración. Ambas tareas pueden ser resumidas en una sola palabra, **prevención**.

Según lo descrito líneas arriba, las consecuencias del sismo de Pisco del 15 de agosto de 2007 fueron muy dolorosas para el país, pero pueden adquirir una nueva dimensión si se extraen de ellas algunas lecciones útiles. La ocurrencia de un desastre es una oportunidad para evaluar las acciones de atención de la emergencia y, de este modo, determinar las que resultaron eficaces y las que se tienen que mejorar. Por eso, se hace imperiosa una reflexión sobre ella, se extraigan recomendaciones y conclusiones valiosas para el futuro. Esto requiere, en primer término, que todos entendamos que la seguridad no sólo es tarea de INDECI, de la policía, de los alcaldes y de los fiscales de prevención del delito. El concepto de seguridad nos engloba a todos y requiere la construcción de una cultura cívica en materia de seguridad que involucre a todas las instituciones.

El informe final del INDECI sobre el sismo de agosto del 2007 (Lecciones Aprendidas INDECI Lima 2009, págs. 181 y 182), menciona como conclusiones y recomendaciones:

“C.73. Auto-reconstrucción

La reconstrucción fue ejecutada en la mayoría de los casos por los propios pobladores, desorganizadamente, sin asistencia técnica y sin solicitar una licencia de construcción; de esta manera, en las actividades de reconstrucción predominaron las edificaciones de carácter informal.

R.73.2.

Los gobiernos regionales y locales, en coordinación con las entidades competentes del sector Vivienda como SENCICO y las instituciones académicas especializadas, deben fomentar la capacitación de personal de obra en técnicas de construcción de viviendas sismorresistentes con asesoramiento profesional.

C.76. Cultura de prevención

Se evidenció una falta de cultura de prevención en las instituciones y en la población en general.

R.76.1.

Se debe impulsar con mayor énfasis, una cultura de prevención en la población y en las instituciones en general'

En el informe del equipo de investigación proveniente del Japón se menciona que: " el 20% de las casas en las áreas afectadas, cerca de 50.000 unidades que albergan a más de 200.000 personas, colapsaron completamente.... Los sistemas de construcción predominantes en las áreas afectadas eran el adobe (52%) y la albañilería confinada (39%), combinados con techos ligeros, ya sea de paja entretejida o de calamina. El tipo predominante de techos ligeros también contribuyó a mantener este número bajo. Las estructuras, que habían sido diseñadas y construidas de acuerdo a los códigos de construcción, según el informe, se desempeñaron adecuadamente. **Las deficiencias en el diseño y la construcción causaron, en cambio, la mayor parte de los daños estructurales observados.** En contraste, un pequeño número de casas de adobe reforzadas, localizadas en el área afectada, se comportó adecuadamente durante el evento. Así, demostraron que **el adobe podía tener un buen desempeño sísmico si era adecuadamente tratado**".

Es de conocimiento público que el mejoramiento de las viviendas es parte de la lucha contra la pobreza. Esto debido a que si se mejoran las condiciones de habitabilidad se satisface una de las necesidades básicas de los pobladores de menores recursos. Con este objetivo es que las municipalidades distritales y provinciales deben liderar este proceso, mediante planes concertados con la población y las organizaciones locales, a fin de brindar la asistencia técnica necesaria para evitar la autoconstrucción improvisada que hasta la fecha existe en todo nuestro país .

Conocedores de la necesidad de transmitir una cultura de prevención, promoviendo el concepto de autoconstrucción asistida, a partir del concepto de que el adobe es un material de construcción que, trabajado adecuadamente representa una de las mejores alternativas de construcción para las poblaciones rurales de nuestro país, por sus ventajas económicas, ecológicas y que además permite ser elaborado por los mismos pobladores sin mencionar que, socialmente está muy arraigado en los sectores rurales de nuestra población, es que el Centro de Estudios para Comunidades Saludables de la Universidad Ricardo Palma, a través de sus voluntarios, plantea el desarrollo de un Proyecto Piloto de capacitación a una población rural de una técnica innovadora de reforzamiento en la construcción en adobe con la finalidad de analizar la problemática social y técnica presentada durante todo este proceso de capacitación a la población seleccionada.

2. PROPUESTA

A partir de los sucesos de Agosto del 2007, el Centro de Estudios para Comunidades Saludables de la Universidad Ricardo Palma, a través de sus voluntarios, participa con pequeños proyectos en la etapa de reconstrucción en el distrito de Chíncha Baja, en estrecha colaboración al Municipio Distrital.

Luego de casi 2 años de trabajo en la zona, identificamos la necesidad de desarrollar estudios que permitan mejorar la tecnología constructiva empleada en la reconstrucción de casas de adobe. Las técnicas empleadas o no correspondían a la tradición cultural de los pobladores, o eran costosos o, no eran de fácil adquisición por éstos.

Es así que en el año 2010 se da inicio al estudio de una nueva técnica constructiva: el refuerzo estructural de muros de adobe con mallas de junco (*Junco bufonius*) (Méndez et al, 2010). Luego, en el año 2011, se plantea el desarrollo de un proyecto Piloto para la transmisión de conocimientos de esta técnica constructiva a una población rural: el centro poblado Condorillo, provincia de Chíncha, departamento de Ica, entre los meses de Febrero y Marzo del 2011.

El objetivo fue definir un modelo de trabajo protagonizado por los mismos pobladores, orientado a difundir esta nueva técnica constructiva en poblaciones rurales de similares características, a partir del análisis de las experiencias vividas durante el desarrollo del proyecto.

El proyecto se desarrolló bajo una metodología participativa en la cual involucramos a las autoridades de la zona, dirigentes vecinales y población en general, coordinando su participación directamente con los alumnos voluntarios participantes del proyecto.

Se definió un Plan de Trabajo en cual se contempló:

- a. Trabajo social, con charlas de sensibilización sobre diferentes temas,
- b. Capacitación, mediante charlas audiovisuales de técnicas constructivas, elaboración de mallas de junco, y sistema constructivo de adobe reforzado con mallas de junco.
- c. Aplicación práctica, orientada a todas las fases del proceso constructivo en las cuales deberían participar los pobladores.

El programa no solamente tenía como fin la transmisión de la nueva tecnología en poblaciones, sino que brindaba la oportunidad a los participantes de contar con una capacitación en el tejido de la malla de junco, elaboración de los bloques de adobe, y, construcción en adobe con esta nueva técnica de reforzamiento de muros, lo que permite una nueva alternativa para mejorar sus ingresos familiares.

Luego de muchas búsquedas se definió el lugar, tomando en consideración las características de sus habitantes: zona rural, economía muy restringida y con necesidades de vivienda (figuras 1 y 2). Los pobladores de Condorillo son migrantes de la zona alta de Chíncha, colindante con Huancavelica, por lo que además de concordar con nuestros requerimientos estaban relacionados socialmente con las construcciones en adobe.



Figuras 1 y 2. Características de la zona (Condorillo) (CECOS-BRIGURP 2011)

El trabajo se dio inicio el 12 de Febrero del 2012, con las siguientes etapas:

2.1 Etapa de sensibilización

Con la finalidad de lograr el interés de los pobladores en nuestra propuesta de capacitación en la técnica de construcción de adobe reforzado con malla de junco, se dieron en primer lugar charlas motivacionales a los pobladores. Estas tuvieron como objetivo demostrar los problemas que se derivan de las malas prácticas constructivas.

Como segunda parte se dieron charlas de capacitación muy generales en temas relacionados al manejo de técnicas constructivas y a la prevención de desastres.

Para esta etapa del trabajo se contó con la participación de estudiantes voluntarios de sociología y sicología social, además de ingeniería civil y arquitectura, para la elaboración del Plan de trabajo así como de las mismas charlas, para lo cual previamente se tomó información de las características poblaciones mediante encuestas y toma de información directa con la población.

Luego de las charlas se departió con los pobladores presentes, obsequiándoles refrescos y bocaditos, a fin de lograr un mayor acercamiento a ellos (figuras 3 y 4).



Figuras 3 y 4. Etapas de sensibilización y capacitación a la población (CECOS-BRIGURP 2011)

2.2 Compra de materiales

Una vez definida la zona y que los pobladores aceptaran nuestra participación, se nos otorgó el espacio físico para la construcción del módulo, procediéndose luego a la compra de los materiales de construcción en zonas aledaña al área de trabajo con la finalidad de minimizar los gastos que ocasionan el traslado de materiales. Para el transporte de éstos se ha contado con el apoyo de la Municipalidad de Chincha, la que proporcionó un camión diario, para el traslado de los materiales (figura 5).



Figura 5. Apoyo logístico del Municipio Provincial de Chincha (CECOS-BRIGURP 2011)

2.3 Replanteo, trazado y excavación de la cimentación

Esta etapa se trabajó con la participación de la población y de 5 alumnos miembros voluntarios del CECOS-BRIGURP, quienes organizaron el trabajo comunal. Los alumnos permanecieron viernes, sábado y domingo en la ciudad de Chincha con la finalidad de organizar y coordinar el trabajo a realizarse (figuras 6 y 7).



Figuras 6, 7 y 8. Proceso de trazado y excavación de los cimientos (CECOS-BRIGURP 2011)

Una vez finalizado el replanteo se procedió a la excavación de los mismos. Para esta etapa también se contó con la participación de la población (figura 8).

2.4 Vaciado de cimientos y sobrecimientos

Con la zanja terminada, se procedió al vaciado de la cimentación realizándose en 2 días, distribuyendo los roles entre los pobladores.

Se empezó con la capacitación de cimentación a los pobladores, explicándoles los conceptos básicos y a familiarizarse con los materiales con los que trabajamos.

Siendo las 5:30 pm se empezó con el batido de la mezcla, recordando a los pobladores las correctas proporciones para obtener un concreto óptimo. Los pobladores trabajaron entusiastamente en las labores de mezcla y vaciado de los cimientos, siendo supervisados y dirigidos por los miembros del equipo multidisciplinario del Centro de Estudios para Comunidades Saludables (figuras 9 y 10).



Figuras 9 y 10. Vaciado nocturno de los cimientos (CECOS-BRIGURP 2011)

2.5 Transporte de los adobes

Finalizadas las labores de vaciado, se continuó con el transporte de los materiales a la obra, los cuales habían sido previamente mandados a preparar. Es así que con la finalidad de transportar los 2 millares de adobe y las 16 mallas de junco, y llevarlos a la zona de trabajo se contó con el apoyo de los volquetes de la Municipalidad Provincial de Chincha.

Al llegar a recoger los adobes se comprobó su calidad y luego se procedió a cargarlos al camión. En esta etapa también fue muy importante la participación de la población en la descarga de los materiales, formando las cadenas para colocarlos cerca del área de trabajo, se pudo notar el gran entusiasmo entre los comuneros por colaborar, contando entre ellas con madres de familia, jóvenes y señoritas al ver como se estaba avanzando con el proyecto (figura 11).



Figura 11. Pobladores descargando los adobes (CECOS-BRIGURP 2011)

2.6 Capacitación

Luego de que los adobes se encontraban en la zona de trabajo, se procedió en noche con la charla de capacitación a los pobladores. Se les repartió un manual de construcción en adobe preparado por el Centro de Estudios para Comunidades Saludables, se les recordó la importancia de vivir en casas bien construidas, así como reconocer el material adecuado para que sea empleado en la fabricación de sus propios adobes. Así también se les capacitó en el uso de las herramientas y los conceptos básicos y generales tanto de la elaboración de la malla de junco como de la construcción en adobe reforzada con la malla.

La parte más importante de la charla fue en la cual se comenzó a explicar las innovaciones de nuestro método constructivo. Los pobladores mostraron gran interés al explicárseles que nuestro método de refuerzo consiste en usar mallas de fibra natural. Se les mostró videos de una prueba de simulación sísmica realizada en Grocio Prado, Chincha, lo que permitió una mejor explicación del tema.



Figuras 12, 13 y 14. Pobladores asistiendo a las charlas de capacitación (CECOS-BRIGURP 2011)

Los pobladores mostraron gran interés en aprender la técnica de refuerzo y notaron la facilidad que significaba elaborar ellos mismos sus elementos constructivos. Las mallas de junco se confeccionan con materiales muy asequibles a ellos. Asimismo se les explico la importancia de formar una comunidad saludable y de esta manera mejorar sus condiciones de vida (figuras 12, 13 y 14).

2.7 Encofrado del sobrecimiento, colocación de mallas y vaciado

Continuando con el cronograma de trabajo, llegamos a la etapa de preparación del sobrecimiento. En esta etapa se tuvo la primera variante en cuanto a técnica constructiva se refiere, pues es en etapa que se procede a la colocación de las mallas. Primero se les enseñó a los pobladores la forma de colocación de las mallas en el encofrado.

Se prepararon las maderas para el encofrado con la ayuda de la población, esta parte resulto sencilla, dado que los comuneros ya tenían conocimiento de este procedimiento. Los miembros voluntarios del Centro de Estudios para Comunidades Saludables dirigían el armado del encofrado, el que tiene pequeñas variaciones para poder colocarse las mallas que van amarradas al sobrecimiento. Es en esta etapa donde existe una diferencia en el proceso de construcción (figuras 15 y 16).

Finalizado el armado del encofrado con las mallas colocadas, se procedió a la limpieza de la parte interior del modulo, puesto que al iniciar el levantamiento de los muros esta labor seria más complicada. Luego se continuó con el vaciado del sobrecimiento. En esta parte del trabajo se contó con el apoyo de los comuneros (figura 17).

Debido a que el proceso de vaciado de sobrecimiento debe realizarse de una sola vez, para que el concreto cumpla su función estructural, la jornada de trabajo se tuvo que extender hasta aproximadamente las 12 de la noche, nuevamente el entusiasmo de los pobladores de Condorillo Alto fue la clave para poder culminar el proceso de vaciado.



Figuras 15, 16 y 17. Armado del encofrado para sobrecimientos con mallas de junco (CECOS-BRIGURP 2011)

Para poder continuar con las labores vespertinas se trabajó utilizando las luces de los faros del auto que transportaba a los miembros del equipo del Centro de Estudios para Comunidades Saludable. Se distribuyó a los participantes en equipos, siendo unos encargados del batido de la mezcla, otros proveían el agua necesaria utilizando burros, los más jóvenes empujaban el buggy para vaciar el concreto en el encofrado del sobrecimiento.

Los estudiantes de ingeniería miembros del Cecos-Brigurp fueron los encargados de dirigir el correcto vaciado y reglaje de la mezcla. Siendo cerca de las 12 de la noche se terminó con el vaciado del sobrecimiento, quedando todo listo para poder empezar a levantar los muros de adobe reforzado con las mallas de fibra natural. Los pobladores pudieron apreciar el acabado de esta nueva técnica constructiva y notaron la facilidad de realizarla.

2.8 Levantamiento de muros

Habiendo secado correctamente el sobrecimiento se retiraron las maderas del encofrado y se comprobó que las mallas de junco estuvieran bien sujetas. Luego se dio inicio al proceso de levantamiento de los muros de adobe. En esta etapa se hizo hincapié a los pobladores de la importancia de conseguir un adecuado amarre en las esquinas y la preparación de un buen mortero para rellenar las juntas entre cada hilada de adobe (figuras 18 y 19).



Figura 18. Levantamiento de muros de adobe (CECOS-BRIGURP 2011)

La altura requerida para el módulo era de 2,40 m, por lo que el levantamiento del muro se realizó en 3 días, Esto con la finalidad de permitir el secado de las primeras hiladas y así poder proseguir con las siguientes. Para este fin se hizo una distribución por jornadas de trabajo entre los pobladores.

El día 3 de Marzo estaban terminados los muros, la población se sentía muy satisfecha por el trabajo logrado. Este local servirá a los pobladores como centro comunal para que puedan realizar sus actividades sociales.



Figura 19. Vista final del módulo de adobe antes de colocar las mallas de refuerzo (CECOS-BRIGURP 2011)

2.9 Colocación de las mallas como refuerzo y tarrajeo de muros

El día viernes 4 de Marzo se dio inicio a la última etapa de la construcción del módulo, según el cronograma preestablecido.

Debido a que ya no se contaba con los recursos económicos adecuados, se optó por enseñar el proceso de colocación de las mallas y dejar terminada la muestra tanto de las esquinas como del centro del muro (los casos más importantes) a fin de que el proyecto pueda ser replicado y culminado por los mismos pobladores (figura 20).

De la misma manera se enseñó la forma de dar el acabado final al módulo, indicándoles las proporciones adecuadas para un buen tarrajeo, basado en una mezcla de barro, cal y agua (figura 21).



Figuras 20 y 21. Colocación de la malla en el muro y tarrajeo del mismo (CECOS-BRIGURP 2011)

3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

C1. Es el primer proyecto de difusión a una población, de una técnica constructiva desarrollada totalmente por la Universidad Ricardo Palma, a través del CECOS-BRIGURP.

C2. El trabajo de campo en relación directa con la población nos ha mostrado la importancia de involucrarse de manera fraterna con la población a trabajar: Previo a un trabajo técnico, es trascendente un trabajo social de interrelación con la población, a fin de establecer un vínculo afectivo con ellos.

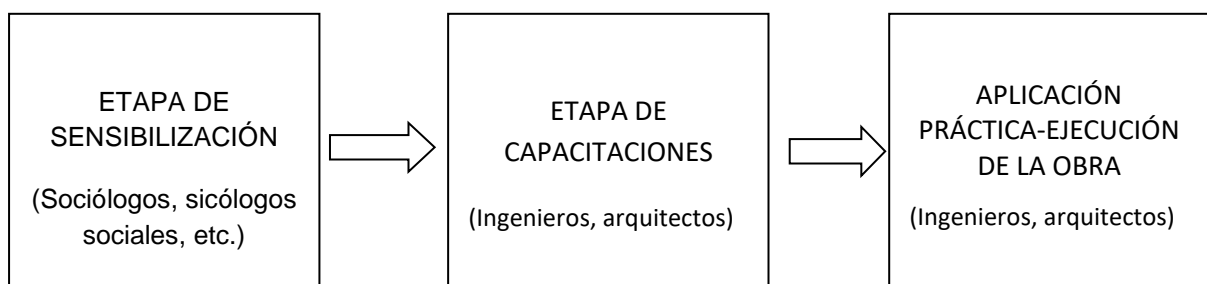
C3. Se trabajaron talleres con un grupo de alumnos participantes, pero el sistema de voluntariado y el cronograma de clases de verano no permitieron una capacitación a la totalidad de participantes, como se hubiera deseado.

R1. Es importante desarrollar entre los voluntarios participantes, talleres de manejo de stress; habilidades sociales y otros, que permitan la interrelación voluntarios-población.

R2. Proponemos a partir de un esquema referencial del el sistema de trabajo empleado en esta ocasión y una propuesta que consideramos "ideónea" para trabajos de carácter técnico, con poblaciones:

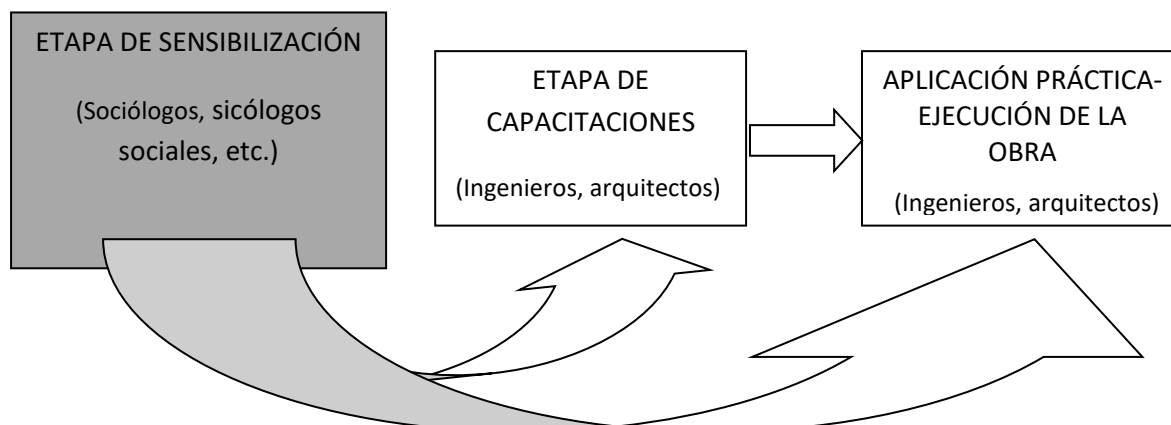
a. Esquema de trabajo empleado para el proyecto piloto en Condorillo:

Desarrollo lineal de las etapas de trabajo



b. Propuesta:

Sensibilización Permanente



REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Instituto Nacional de Defensa Civil INDECI (2009) *Lecciones Aprendidas del Sur - Sismo de Pisco, 15 agosto 2007. / Perú*. Lima: INDECI. Soluciones Prácticas-ITDG, DFID. p. 181-182. ISBN N° 978-612-45491-0-6

Méndez M., Palacios P., Machuca D. (2010) Malla de junco como refuerzo para construcciones en adobe. En: *Congreso TerraBrasil 2010*. ANAIS. Campo Grande: UFMG.

Tavera H. y Bernal, I. (2005) Distribución espacial de áreas de ruptura y lagunas sísmicas en el borde oeste del Perú. *Volumen Especial N° 6 Alberto Giesecke Matto*. Boletín de la Sociedad Geológica del Perú p. 89-102

AUTORES

María Teresa Méndez Landa, Magister y con estudios de doctorado en Educación por USMP, Arquitecta UNI. Docente Facultades de Arquitectura e Ingeniería - Universidad Ricardo Palma. Lima, Perú y Coordinadora del Centro de Estudios para Comunidades Saludables URP. Especialista en Gestión de Riesgos por Desastres. **Docente Asesora y Coordinadora del Proyecto.**

Rodolfo Palermo Palacios Villodas, estudiante de Ingeniería. Universidad Ricardo Palma. Miembro voluntario del Centro de Estudios para Comunidades Saludables CECOS-BRIGURP.

Ronny Mora Soto, estudiante de Ingeniería Civil, miembro voluntario del Centro de Estudios para Comunidades Saludables CECOS-BRIGURP

COLABORADOR

Alvaro Iparraguirre Valdivia, estudiante de Ingeniería Civil, Miembro voluntario del Centro de Estudios para Comunidades Saludables CECOS-BRIGURP



TERRA BRASIL

2012



IV Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil
07 a 10 de agosto de 2012 | Fortaleza - Ceará

INVENTÁRIOS DO PATRIMÔNIO ARQUITETÔNICO FORMAM BANCO DE DADOS SOBRE EDIFICAÇÕES EM TIJOLO E TAIPA EM ALAGOAS

Ferrare, Josemary Omena Passos

Professor Associado – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Alagoas, Campus A. C. Simões, Tabuleiro dos Martins. Maceió – AL. (82)3214 1283.e-mail: jferrare@uol.com.br

Palavras-chave: Inventário, metodologia, arquitetura, tijolo, taipa

Resumo

O resumo aborda a aplicação da metodologia de Inventários do Patrimônio Arquitetônico como procedimento didático da disciplina Prática de Restauro ministrada no curso de Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Alagoas articulada com Projetos da Pro-reitoria de Extensão da UFAL. Cumprindo duração semestral de atividades de campo vem sendo feito, há alguns anos, levantamentos fotográficos e registros de identificação tipológica, estilística e construtiva de edificações selecionadas, em fichas técnicas. A amostragem de escolha tem-se dado em exemplares de interesse histórico, artístico-arquitetônico remanescentes dos séculos XVIII, XIX, até meados do século XX nas sedes urbanas de dois municípios do estado de Alagoas, quais sejam: Porto de Pedras / Tatuamunha e Passo de Camaragibe. Em aproximadamente 160 unidades inventariadas foi constatado a predominância construtiva dos tijolos em barro “batido” e a significativa ocorrência da taipa pau-a-pique nas alvenarias. O material inventariado compõe um Banco de Dados de características arquitetônicas e construtivas dessas duas técnicas bem ocorrentes em todo o nordeste brasileiro, sobretudo em pólos do povoamento colonizador português, como no território alagoano (a ex-parte parte sul da Capitania de Pernambuco). Em Alagoas, as localidades, hoje municípios de Porto de Pedras, Tatuamunha e Passo de Camaragibe integravam o antigo núcleo Porto Calvo, equivalente ao primeiro pólo de ocupação para povoamento. Ciente da representatividade do acervo já levantado, a regente da disciplina vem buscando sistematizar os dados por localidade, tipologia arquitetônica e materiais construtivos em uma tabela-quadro que evidencie similaridades/diversidades detectadas, visando melhor disponibilizá-los para suporte a pesquisas científicas e possíveis AÇÕES de preservação/conservação e educação patrimonial.

1. INVENTÁRIO DE PATRIMÔNIO ARQUITETÔNICO VISTO COMO ATITUDE PRESERVACIONISTA

Essa tipologia de inventário é considerada na disciplina Prática do Restauro ministrada no Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Alagoas como uma medida inicial a um processo de preservação que pode ser instalado em municípios que detêm acervos reconhecidamente declarados como de importância histórica e arquitetônica, daí ter se tornado uma *práxis* metodológica.

Efetivamente, a ementa da disciplina e a Pro-reitoria de Extensão entram em diálogo ao entender que o **inventário do patrimônio arquitetônico** é um instrumento eficaz para o conhecimento, valorização e preservação das obras relevantes para uma cidade, podendo contribuir para promover tal acervo, muitas vezes esquecido e degradado, e impulsionar um processo de conscientização da comunidade no âmbito de sua preservação, ao subsidiar programas de Educação Patrimonial e servir de banco de consulta para instituições de ensino e pesquisadores.

2. FOCOS GEO-HISTÓRICOS, ETAPAS E CONTEÚDOS DOS INVENTÁRIOS EM TRÊS MUNICÍPIOS ALAGOANOS

O critério de seleção para escolha das unidades a serem inventariadas, em cada município, tem sido o da verificação da ocorrência de elementos/características arquitetônicas, indicadores do vínculo tipológico – estilístico com a herança da arquitetura colonial

brasileira, bem como também da condição de ser expressão vernacular de alguns exemplares. Sob tais critérios foram eleitos nos municípios de Porto de Pedras e sua extensão do povoado, urbanisticamente consolidado de Tatuamunha, e o município de Passo de Camaragibe, que perfazem terras desmembráveis de um dos pólos de ocupação portuguesa nas ‘terras subunenses’, efetivada através de concessão de sesmarias.

O processo de ocupação ao longo de toda a parte logo abaixo do rio Una denominada subunense teve início por volta de 1575. Contudo, a distribuição de terras ao longo da parte meridional da Capitania que se limitava com o rio São Francisco, resultaria concentrada em três grandes pólos de ocupação para desdobramento “de reforço do extremo sul do antigo Pernambuco” (Lindoso, 2000. p. 38). Sob o objetivo expresso de formar um povoamento de fixação agrária para cultivo da cana de açúcar e incitar um ciclo econômico rentável que suplantasse o extrativismo do pau-brasil, foram se fixando os pólos de São Francisco, atual Penedo, em 1570, Porto Calvo, em 1590; Alagoa do Sul, atual Marechal Deodoro, em (1591 – 1611).

O procedimento metodológico macro dos Inventários tem consistido na aplicação *in loco* de Fichas-Técnicas – padrão IPHAN / Inventário Arquitetônico, e, no subsequente repasse dos dados registrados para formalizar uma cartografia temática referente à: tipologia dos imóveis, materiais de construção, materiais de cobertura e estado de preservação estilística, por município.

Após a finalização dos levantamentos fotográficos e preenchimento das Fichas-Técnicas, os respectivos dados são digitalizados de modo a compor uma base digitalizada que passa a ser acervo da disciplina e é disponibilizada para a Prefeitura / Secretaria de Cultura dos municípios, sendo também formalizado em volume impresso, multicolorido. Além das fichas preenchidas, consta no volume impresso um texto que faz a caracterização geral do perfil tipológico-arquitetônico predominante na sede urbana do município, associado aos aspectos históricos relevantes às tipificações espaciais detectadas durante o Inventário.

O conteúdo redacional que formaliza os volumes finais baliza-se pelo seguinte Sumário:

1. Apresentação
2. Procedimentos metodológicos
3. Caracterização do acervo arquitetônico local
(3.1- Perfil tipológico / 3.2-Pormenores de interesse histórico-arquitetônico)
4. Fichamento das unidades inventariadas (por ruas)
5. Cartografia temática das unidades inventariadas (mapa-base município)
6. Sugestões de divulgação do acervo arquitetônico inventariado
7. Créditos fotográficos
8. Referências bibliográficas.

3. NOVA ETAPA: POR UMA SISTEMATIZAÇÃO REDUZIDA E OBJETIVA DE DADOS

Passados alguns anos desde que se introduziu essa prática metodológica na disciplina eletiva que integra a grade curricular do Curso de Arquitetura e Urbanismo da UFAL e mantendo a convicção da representatividade arquitetônica do acervo já levantado, tem-se buscado sistematizar os dados obtidos por município, tipologia arquitetônica, materiais e detalhes construtivos (tijolo e taipa), em Tabelas-Quadros, que tornem evidentes similaridades/diversidades detectadas, visando uma disponibilização mais objetiva à pesquisas científicas e ações de preservação/conservação urbana nos municípios. Convém esclarecer que nos itens específicos aos materiais de construção (alvenaria, piso, teto) das Fichas-Técnicas-IPHAN / Inventário Arquitetônico, constam as seguintes opções:

Alvenaria: 01-pau a pique; 02-adobe; 03-taipa de pilão; 04-alvenaria de pedra; 05-alvenaria de terra batida; 06- tijolo batido; 07-madeira; 08-concreto; 09-outros.

Piso: 01-tabuado; 02-tabuado/pinho de riga; 03-taco; 04-parket; 05-lajeado; 06-lajota e barro; 07-ladrilho hidráulico; 08-mármore; 09-cerâmica; 10-pisos sintéticos colados; 11-terra batida; 09-12- cimento queimado; 13-outros.

Teto: 01-tabuado; 02-tabuado saia e camisa; 03-treliçado; 04-esteira de taquara; 05-gesso liso; 06-gesso ornamentado; 07-laje; 08-barrote aparente; 09-telha vã; 10-forros modulados; 11-outros.

Pensando em resumir todo o conteúdo informativo dos volumes dos inventários concluídos, recorreu-se à criação de um modelo de Tabela - Quadro que possa expor tipologia e materiais construtivos dos 160 exemplares inventariados, conforme o modelo reduzido, especificamente formatado para este artigo, pretende demonstrar. O número de exemplares inventariados e registrado em fichas-técnicas totaliza: 71 em Porto de Pedras, 31 em Tatuamunha e 58 em Passo de Camaragibe. Ressalte-se que nessa tabela a reduzida amostragem se apresenta mesclada com exemplares dos três municípios que derivam do pólo primaz de povoamento em Alagoas, Porto Calvo. A Tabela-Quadro expõe um sucinto elenco de ilustrações dos partidos tipológicos mais encontrados e de alguns detalhes considerados relevantes para a amostragem apresentada.

Tabela 1. Exemplo de formatação de tabela-quadro para expor dados arquitetônicos e construtivos em termos de ocorrência relevante em **Porto de Pedras-Tatuamunha e Passo de Camaragibe - AL.**

Partido tipológico / arquitetônico	Materiais de construção usados	Detalhe construtivo relevante em terra/'barro'
Casa meia morada, geminada. / Beiral em caibro de madeira.	Alvenaria: taipa pau - a - pique. / Coberta: madeira e telha de barro, tipo canal	Soleira em tijolo de barro, maciço, também chamado 'batido' (Figura 1)
Casa em meia morada com janela lateral. / Beiral em caibros de madeira, torneado (Figura 2)	Alvenaria: taipa pau-a- pique. / Coberta: madeira e telha de barro	Beiral em telha cerâmica manual / e ripas de imbirá
Casa com entrada frontal e terraços laterais. / Cumeeira perpendicular à fachada	Alvenaria: taipa pau a pique. / Coberta: madeira e telha de barro, tipo canal	Colunas em "tijolo batido" (cuneiforme nos fustes / retangular nas bases. (Figura 3)
Casa em meia morada / Terraço frontal tipo 'copiar'. Esteios em madeira. (Figura 4)	Alvenaria: taipa pau - a - pique. / Coberta: madeira e telha de barro, tipo canal	Embasamento de terra socada (lateral) e tijolo de barro batido (frontal)
Casa com duas entradas laterais e terraços. / Platibanda ornamentado em argamassa e pináculos	Alvenaria: tijolo de barro maciço, batido. / Coberta: madeira e telha canal	Tijolos de barro 'batido', retangulares e arredondados no embasamento; cuneiformes no fuste da coluna (Figura 5)
Casas geminadas, em meia morada. / Fachada de composição unificada, beiral de cimbalha em argamassa	Alvenaria: Taipa pau-a-pique / paredes internas. Fachada em tijolo de barro batido. / Coberta: telha de barro	Tijoleiras de barro, formato quadrado, usadas no piso das duas edificações
Casa em meia morada com terraço frontal. / Pilares de sustentação em madeira	Alvenaria: taipa pau-a-pique. / Coberta: telha de barro, tipo canal	Embasamento, apenas em terra socada (barro)

Elenco de ilustrações indicadas na Tabela 1 (Figuras 1 a 5).



Figura 1. Casa em meia morada, construída em taipa pau-a-pique; soleira da porta em tijolo de barro, maciço 'batido', assentado "em pé". - Porto de Pedras (Acervo Inventário, 2006)



Figura 2. Casa em taipa pau-a-pique. Planta em meia morada com porta e duas janelas (frontal) e janela lateral – Tatuamunha. (Acervo Inventário, 2006)



Figura 3. Colunas de alpendre lateral em alvenaria de tijolos batidos: cuneiformes – fustes circulares; retangulares - bases elevadas. Ao fundo, parede em taipa de casa vizinha, sem reboco. - Porto de Pedras (Acervo Inventário 2006)



Figura 4. Casa com terraço 'copiar' frontal com esteios em madeira; casa solta no lote com janela lateral / embasamento do piso em tijolo de barro maciço "batido" revestido por cimento no terraço e apenas em terra socada nas laterais – Passo Camaragibe (Acervo Inventário, 2006)



Figura 5. Alvenaria de tijolo de barro, maciço, 'batido' em formatos: retangulares, arredondados e cuneiformes (embasamento e coluna) de terraço lateral, excessivamente desgastada por impregnação de umidade. – Tatuamunha (Acervo Inventário, 2007)

Ressalta-se que nos inventários processados nos perímetros urbanos desses três municípios alagoanos observou-se predominar exemplares térreos, decorrentes de partido de planta da **casa de meia-morada**¹, difundida desde o povoamento ocorrido durante a colonização portuguesa no nordeste brasileiro, existindo, também, uma significativa ocorrência do partido de planta de casa térrea com **entrada lateral**², que consiste em uma derivação posterior do mesmo.

Essencialmente, prevalecem estes dois partidos arquitetônicos, embora tenha sido constatado uma nítida freqüência de variação deste segundo partido, definida pela presença de alpendres laterais com telhados apoiados por pilares de alvenaria ou de madeira. As edificações com esses partidos espaciais predominantemente utilizam, tanto a taipa de pau-a-pique como a alvenaria de tijolo de barro, no padrão maciço e 'batido', observando-se uma larga ocorrência desta última nos âmbitos mais urbanizados dos respectivos municípios. Já o uso da taipa de pau-a-pique integral observou-se prevalente nos trechos mais ruralizados. Também foi observado o uso associado da alvenaria de tijolo de barro 'batido' e da taipa pau-a-pique, na alternância de paredes internas em taipa e externas em tijolos, na mesma edificação, sobretudo nos perímetros urbanos dos municípios.

4. REFERENCIANDO OS MATERIAIS PREDOMINANTES: TIJOLOS DE BARRO 'BATIDO' E TAIPA DE PAU-A-PIQUE

Sobre o referencial histórico desses materiais, em paralelo às investigações de campo foram levantadas algumas fontes bibliográficas, buscando-se esmiuçar esses dois modos construtivos mais ocorrentes no acervo constituído pelas unidades inventariadas.

Sobre o elemento construtivo **tijolo em argila** ou "**tijolo de barro**", conforme é também chamado pelas populações em Alagoas sabe-se que é usado desde a antiguidade, inicialmente em processo de fabrico "seco ao sol", sem exposição a cozimentos de fornos, sendo chamados de "adobe" e dessa forma os utilizaram pelos povos que habitaram a Mesopotâmia, Assíria, Pérsia, entre outros, como os etruscos e os romanos, tendo estes últimos o disseminado pelos territórios que compuseram o seu vasto Império.

Na antiguidade, gradativamente foram sendo cozidos, e mesmos os povos da Mesopotâmia e Assíria souberam cozê-los até vitrificá-los em altas temperaturas. O cozimento dos tijolos é um processo que atinge essa unidade construtiva em forma de paralelepípedo com arestas vivas, geralmente retangular, de espessura uniforme, cuja "parte mais larga e superior é chamada de face: a área oposta é denominada de tardez; as duas áreas laterais \ longitudinais são conhecidas como varas; e as partes laterais \ transversais chamadas de topos." (Leal, 2009:13).

O tradicional processo de fabricação dos tijolos chega a ser assim descrito em antigo dicionário português: "O fabrico d'esse material compreende várias operações. A argila empregada é gorda ou magra: no primeiro caso emagrece-se juntando-lhe areia; no segundo engorda-se com cal pulverizada. Esta argila é exposta durante meses às intempéries, após o que os operários a pisam humedecida com água, a-fim-de a tornar homogênea. Esta operação faz-se também em amassadores mecânicos" (Lello Universal, apud Leal, 2009:13).

No Brasil, o processo artesanal é ainda utilizado até os dias atuais, sobretudo em algumas olarias de cidades de interiores de vários estados, ocorrendo nelas a moldagem em formas retangulares sem fundo, postas com face para baixo (o chão), recobertas com areia para acelerar a secagem. Os tijolos cozidos, do tipo maciço ou "batido", apresentam ótimas propriedades térmicas e acústicas mesmo variando no seu processo de confecção. Por extensão desse denominativo aplicado ao tijolo maciço, deriva o nome **alvenaria de tijolo batido**, sendo assim referenciada no estado de Alagoas.

Nos três municípios onde foram feitos os Inventários do Patrimônio Arquitetônico, de modo particular nas suas sedes urbanas, constatou-se a existência de olarias rústicas nas proximidades que produziram com abundância os tijolos cozidos, maciços, do tipo "batido"³ em diferentes tamanhos e formatos.

A **taipa** tem sido um dos materiais mais utilizado nas construções com técnicas diversas, sendo considerada característica da cultura mediterrânea. Segundo alguns autores, ela foi trazida pelos árabes para a Península Ibérica, embora outros coloquem que, apesar de parecer indiscutível a procedência de certos modelos vindos com a islamização, não se deve deixar de ponderar o processo evolutivo das formas de saber-fazer autóctones.

No entanto, sobre a taipa, existe um ponto total de concordância e aceitação. É no que se refere ao seu perfil de adaptabilidade aos climas secos, sobretudo pela sua capacidade de ser pouco resistente à água, condição superada com o recobrimento por pintura à base de cal.

Dentre as suas fortes características consta ainda a sua condição de bom isolador térmico, tanto do calor quanto do frio, adaptando-se bem nas regiões tropicais no litoral e regiões sertanejas. Outro fator de não menos importância é o fato do material base (a terra, ou argila ou o popular "barro") estar sempre à mão dos usuários, dispensando na grande maioria de casos o procedimento de compras remuneradas para sua aplicação.

Por essas propriedades a denominada **alvenaria de taipa** bem se adequou ao processo de ocupação/povoamento conduzido pelos portugueses ao longo do litoral brasileiro, onde se inclui os três atuais municípios investigados que compunham a parte tangencial ao rio Una, nos limites territoriais da Capitania do Pernambuco, por isso denominada Região Subunense, conforme já mencionado.

Ao longo desses três perímetros territoriais onde foram vistoriados exemplares para a aplicação de fichas-técnicas para coleta de dados, ocorreram também identificações do uso direto e simples da terra (o barro ou terra socada) como material construtivo, sobretudo em embasamentos um tanto elevados de casas (a exemplo do mostrado na Figura 4), o que, ao invés de suscitar estranheza quanto a uma aparente fragilidade estrutural, ao contrário, ratifica constatações já bem assimiladas e ensinadas por (Tinoco; Araújo, 2007) quando reconhecem estar na ‘alvenaria de terra’: “[...] uma das características mais surpreendentes [...] a sua pouca rigidez e, conseqüentemente, a sua capacidade de absorver acomodações de toda sorte.”

5. SINTETIZANDO CONSIDERAÇÕES SOBRE O ALCANCE DOS INVENTÁRIOS

Citando Amorim (2007. p. 42, em grifo nosso) quando nos alerta sobre o fato de que **“Arquiteturas têm identidades construídas pela forma como organizam a vida dos homens entre espaços, mas principalmente por seus atributos físicos. [...] [e quando diz que] Reconhecemos paisagens, cidades e edifícios pelos elementos que os compõem, a forma como são arranjos e os materiais aplicados [...]”**, busca-se ressaltar que a paisagem urbana dos municípios Porto de Pedras, Tatuamunha e Passo de Camaragibe apresenta uma identidade em comum advinda de fatores sócio-políticos que condicionaram a organização da vida dos habitantes desses municípios, perceptivelmente rebatida em arranjos espaciais das tipologias arquitetônicas predominantes e rusticidade dos materiais construtivos aqui apresentados.

Vale considerar que os três municípios, Porto de Pedras, Tatuamaunha e Passo de Camaragibe compunham o mesmo território físico durante a fase inicial do processo de ocupação das terras sub unenses, denominado em referências documentais e bibliográficas por Porto Calvo (sécs. XVII-XVII), área onde foi introduzida a forma de exploração econômica da cana-de-açúcar conduzida pelo povoador Cristóvão Lins, que “De Porto Calvo a Serinhaém levantou sete engenhos de assucar [...] e ao redor de sua habitação verdejavam os canaviais e se aglomeravam os povoadores anônimos da gleba.” (COSTA, 1983. p. 17). Tal processo viria paulatinamente a sedimentar essas três nucleações que tenderiam a se urbanizar (sécs. XVIII e XIX) e se desmembrariam entre si, no séc. XX.

Quanto à viabilidade e alcance dos Inventários Arquitetônicos realizados nos municípios pode-se dizer que eles têm cumprido um papel disseminador de informações técnicas, culturais, ampliando-se ao papel de divulgador educacional, na medida em que tem sido criados, a partir do acervo do levantamento fotográfico feito *in loco* e dos dados coletados, formatações gráficas para uso didático nas escolas da rede municipal. Para tanto foram produzidos pelos próprios alunos que cursaram as disciplinas⁴, desenhos de postais, marcadores de livros, blocos de notas, porta-lápis, quebra-cabeças, etc., utilizando fotografias de exemplares e/ou detalhes arquitetônicos acompanhados de pequenas notas explicativas sobre materiais, técnicas construtivas e tipologia arquitetônica.

Essa iniciativa de criação de material gráfico ilustrado com elementos arquitetônicos das unidades inventariadas não apenas os pretendeu difundir enquanto expressão formal e estética de tipologias correspondentes; mas, também, destacar a materialidade do sistema construtivo das unidades, edificadas em modos tradicionais pelas populações locais. Durante os diferentes períodos de permanência com alunos nos segmentos de sedes urbanas dos municípios, entendeu-se que seria dinamizador para a auto estima das populações locais, promover uma aproximação entre elas e os respectivos repertórios

arquitetônicos inventariados dando-se tônica valorativa ao ‘modo de saber construir’ em taipa e tijolo de terra.

Considera-se, assim, que a experiência de realização de Inventários Arquitetônicos, sob intento, a princípio apenas didático, além de cumpriu o seu papel de informar sobre os procedimentos específicos *in loco* e as etapas de sistematização e análises dos dados obtidos aos alunos da graduação em Arquitetura e Urbanismo da FAU-UFAL, também resultou contribuindo para:

- aumentar o conhecimento sobre a taipa pau-a-pique e da alvenaria de tijolos de barro (de modo mais específico a alvenaria de tijolo batido) na região norte do estado de Alagoas ao identificar/registrar usos e aplicações de procedimentos construtivos mais comumente encontrados;
- estimular a iniciativa de ações no âmbito da conservação/preservação dos representativos acervos urbanos edificados sob essas duas técnicas construtivas junto aos municípios, fornecendo-lhes um acervo sistematizado para consulta técnica;
- estimular os alunos das escolas dos municípios a ‘enxergarem’ a aplicabilidade do modo de construir predominante em suas localidades, legado pelos seus antepassados, ainda viável ao *modus vivendi* atual e caracterizador de aspectos identitários de suas próprias cidades.

REFERÊNCIAS

- Amorim, L. (2007) *Obituário arquitetônico: Pernambuco modernista*. Recife: UFPE. 212 p.
- Costa, C. Maceió. Maceió: SERGASA, 1983. 178 p.
- Leal, R. (2009) *Restauração e construção de Anexo do Chalé dos Loureiros para implantação do Centro de Referência do Homem do São Francisco, do Museu do Rio São Francisco – Proposta Técnica para Obra*. Salvador: Construtora Concreta. 98 p.
- Lindoso, D. (2000) *Formação de Alagoas Boreal*. Maceió: Edições Catavento. 204 p.
- Reis Filho, N. (1978) *O quadro da arquitetura no Brasil*. São Paulo: Perspectiva. 211p.
- Tinoco, J; Araújo, R. (2007). *Técnica Tradicionais: terra crua como material de construção*. Um método de ensino à distância. Olinda: Centro de Estudos Avançados da Conservação Integrada. Publicação policopiada. (Série Gestão de Restauo). 13p.

NOTAS

- 1 Reis Filho, 1978, p. 31. Este partido, típico no quadro da arquitetura colonial brasileira, caracteriza-se por possuir uma sala, frente à rua, em toda a extensão da fachada, enquanto o restante da espacialidade interior subdivide-se entre um corredor, dois ou três quartos de meias paredes, uma sala de jantar/cozinha aos fundos
- 2 Reis Filho, 1978, p. 49.
- 3 Tal denominação de alvenaria de ‘tijolo batido’ decorre da condição do tijolo maciço, bem cozido, produzir um som próprio, uniforme, quando batido com a ‘colher de pedreiro’, atestando assim o seu estado satisfatório para o uso e durabilidade. Tanto se detecta tijolos maciços bem cozidos como mal cozidos, sendo possível distinguir as variações através da seguinte forma: o tijolo cerâmico mal cozido produz um som surdo à percussão sendo um tanto poroso na superfície, opondo-se à textura lisa, por vezes até vítrea de um tijolo bem cozido que produz um som bastante claro à percussão. Contudo, esse tipo de verificação pode resultar comprometida em situações em que os “tijolos batidos” estejam há anos impregnados de umidade e com alterações de desgaste.
- 4 Cursaram a disciplina eletiva – Prática do Restauo no Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Alagoas sob a regência da mesma professora, os respectivos alunos: Abel Barros Romeiro, Antônio Marques da Silva, Bianca Machado Muniz e Elysmayre Batista de Sousa (ano 2006); Leonel Lisboa, Ana Paula Tomás, Cynthia Fortes (ano 2007); Elaine Albuquerque,

Imyra Perreli, Anny Sotero, Daniela Viana, Isabela Texeira, Diógenes Batista e Rejane Texeira (ano 2010).

AUTORA

Arquiteta e Urbanista pela Universidade Federal de Alagoas – UFAL (1978). Mestre em Arquitetura e Urbanismo / Conservação e Restauro, pela FAUFBA (1996). Doutora em Arquitetura (História do Urbanismo) pela FAUPorto (2006). Professora Associada da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da UFAL ministrando disciplinas ligadas à Preservação da Memória e do Patrimônio Arquitetônico na Graduação e no Mestrado em Dinâmicas do Espaço Habitado (DEHA).



TERRA BRASIL

2012



IV Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil
07 a 10 de agosto de 2012 | Fortaleza - Ceará

TRAJETÓRIA DA HABITAÇÃO SOCIAL EM TERRA NO ENSINO E NA PRÁTICA DOS ARQUITETOS DE RECIFE: 1959-2009

Laprovitera da Motta, Enio

Doutor pela EHESS(Paris) e Professor Adjunto – Departamento de Arquitetura e urbanismo, Centro de Artes e Comunicação, Universidade Federal de Pernambuco-UFPE – eniolaprovitera@uol.com.br

Palavras-chave: arquitetos e habitação social, ensino e habitação social, encomenda pública e habitação social.

Resumo

Analisaremos como os arquitetos discutiram a habitação social - em especial, a taipa - no campo do ensino e da prática profissional no último meio século. A análise é relevante pelo fato da historiografia e o ensino oficial da arquitetura sempre terem privilegiado a arquitetura erudita omitindo as produções e os profissionais que, mesmo no período de glória e apologia do movimento moderno, ousaram trilhar um caminho profissional alternativo. A Faculdade de Arquitetura do Recife surgiu em 1959 e já nesta época existia um debate e ações concretas – leiam-se projetos de arquitetura – que defendiam a melhoria da habitação em taipa tão característica do ambiente político-cultural do Nordeste Brasileiro. Mostraremos como a pesquisa e a produção destes profissionais se contrapunham as soluções padronizadas e monótonas, na época, difundidas pelo BNH. Nossa análise registrará a contribuição de algumas disciplinas de ensino, mostrando que as principais iniciativas neste campo resultaram de iniciativas de professores e pesquisadores apoiados em linhas de financiamento público. Nosso objetivo é revelar as disciplinas, pesquisas e projetos públicos sensíveis a este debate, assim como, lançar luz sobre estes profissionais que a historiografia oficial insiste em esquecer. Como método de trabalho escolheu-se um período longo – meio século – pois assim poderemos ver o quanto a academia e o poder público se sensibilizaram com este tema em períodos com governos de identidades políticas distintas. Na longa duração, retraçaremos as últimas experiências onde academia, poder público e arquitetos se reuniram para discutir e agir sobre o tema da habitação social. Assim, poderemos localizar onde este tema esteve inserido – academia, poder público, prática privada dos arquitetos – e quais os seus atuais defensores!

1. O CAMPO DE PESQUISA

Ao analisar os estudos sobre a profissão de arquiteto percebemos muito claramente a ênfase dada à arquitetura erudita e as trajetórias dos chamados pioneiros da profissão. Valoriza-se a arquitetura autoral ligada aos principais estilos arquitetônicos – em especial, o modernismo – deixando-se em segundo plano a arquitetura popular.

Embora o fator determinante para essa ocorrência seja a ênfase dada ao modelo liberal de atuação profissional – arquiteto de escritório com encomenda privada – acreditamos que o formato das pesquisas também possa ter contribuído para a consolidação desta lacuna. Isto porque, é mais comum encontrarmos estudos falando do arquiteto *no Brasil* e menos comum estudos centrados nas *especificidades* de cada cidade. A generalização pode contribuir para a definição de um *perfil comum* – dito, brasileiro – omitindo os perfis locais de atuação, e assim, sobretudo no auge do movimento moderno, anos 60 e 70, a atuação no campo do social.

Ocorre, assim, ao nível da *metodologia* de pesquisa, uma recorrente *dispersão geográfica* das fontes de pesquisa, pois, se reúne numa única pesquisa, fatos e feitos de arquitetos do Rio de Janeiro, São Paulo, Rio Grande do Sul, Recife, etc. Da mesma forma, podemos falar numa *dispersão sociológica* das fontes de pesquisa, pois, não raro, as realizações arquitetônicas e urbanísticas na área social são creditadas a um coletivo, por demais genérico, chamado de *movimento popular*. Em ambas as situações, parecem difíceis à

visualização dos perfis dos arquitetos envolvidos, sobretudo, dos profissionais com atuação no campo social (1).

2. A EMERGÊNCIA DA QUESTÃO POPULAR

2.1 O campo do ensino

É no campo do ensino que a hegemonia da arquitetura erudita mais tem afastado a reflexão em torno da habitação popular, isso, podemos dizer, desde a criação da Faculdade de Arquitetura da Universidade do Recife- FAUR, em 1959, até a época atual.

A primeira curiosidade que podemos notar, é que, apesar dos arquitetos terem, dos anos 30, ao final dos anos 50, compartilhado o espaço de ensino com pintores e escultores no âmbito da Escola de Belas Artes, e estes terem priorizado nas suas pinturas as temáticas do popular, os arquitetos da academia só se dedicarão a este tema meio século depois, isto é, nos anos 70. Esta observação é ainda mais enfática caso lembrarmos que em todas as manifestações artísticas do modernismo – música, literatura, pintura, escultura – o resgate da *tradição popular* era fonte obrigatória de inspiração.

Assim ocorrendo, entende-se porque os campos do ensino do “projeto” e “história” da arquitetura – campo prioritário de atuação dos arquitetos - mantiveram-se imunes a esta reflexão, sendo que, a primeira manifestação nesta direção, ocorreu, curiosamente, no campo do ensino da tecnologia.

Isto ocorreu com a criação do “Centro de Habitação” da FAUR, em 1964, entidade associada à disciplina “Material de Construção e Estudo do Solo”, ministrada pelo engenheiro e professor titular Ângelo José da Costa, igualmente Diretor do Instituto de Tecnologia do Estado de Pernambuco – ITEP (2). Esta experiência se concentra no estudo dos aspectos *tecnológicos* do problema da habitação que, por sua vez, tomou a forma do estudo dos *materiais*, em particular o solo cimento. O ITEP colocou suas instalações a disposição do “Centro de Habitação”, inclusive, uma máquina recentemente adquirida para a produção de painéis de solo cimento, o que sugeria a produção em série de habitações segundo uma concepção mais apropriada para a região Nordeste. Registre-se, nesta experiência, a contribuição do arquiteto e professor Zildo Sena Caldas, assistente do Prof. Ângelo Costa, no sentido de ampliar o debate sobre o *desempenho técnico* do *material* para uma abordagem mais *arquitetônica* e *estética* da habitação em terra. O Profº Zildo Caldas, ensinando numa faculdade de arquitetura, passou a ressaltar os aspectos estéticos – cores, texturas – assim como funcionais – adaptação climática – deste material construtivo: o solo cimento e a taipa.

Embora não especificamente centrado na questão da habitação propriamente dita, não podemos deixar de registrar a reflexão do Prof. Antônio Bezerra Baltar que, desde os anos 50, estudava o fenômeno da metropolização do grande Recife, e assim, descrevia e explicava a formação de inúmeros assentamentos populares com grande percentual de habitação em terra.

2.2 A prática profissional

A partir dos anos 60 e 70, o tema da habitação social estará na agenda da *prática* profissional dos arquitetos. Registramos que este debate está balizado por duas expressões principais: a “habitação econômica” e a “habitação popular”. A habitação *econômica* ou *mínima*, mais usual entre os arquitetos, demonstrava uma busca pela racionalização do projeto, em especial, a emergência de programas arquitetônicos compactos para a expansão dos núcleos habitacionais das grandes cidades - como o Recife, já nos anos 50. Por outro lado, é no debate sobre a habitação *popular*, que o tema da habitação em terra ganhará espaço, e que a dimensão *cultural* da habitação será debatida.

Na verdade, estas manifestações se inserem no clima político-social dos anos 60, em especial, no Nordeste Brasileiro, e, um pouco depois, já noutro ambiente político, com os incentivos financeiros advindos com a criação do Banco Nacional da Habitação- BNH.

Assim ocorrendo, na sua origem, a habitação social, dentre esta, a popular e em terra, associam-se a solicitações políticas e suas especificidades sócio geográficas. Como sabemos, o Nordeste brasileiro aglutinou um amplo conjunto de forças políticas e sociais em favor das demandas populares, e assim, consolidou um campo favorável para experiências em habitação popular.

Uma experiência pioneira e emblemática ocorreu na comunidade de *Cajueiro Seco* (Figura 1), entre 1960 e 64, durante o governo de Miguel Arraes, onde o arquiteto Acácio Gil Borsoi experimentou a racionalização do uso da taipa na habitação, experiência esta, apresentada, inclusive, no VII Congresso da União Internacional dos Arquitetos - UIA realizado em Havana (Cuba), em 1963 (3).

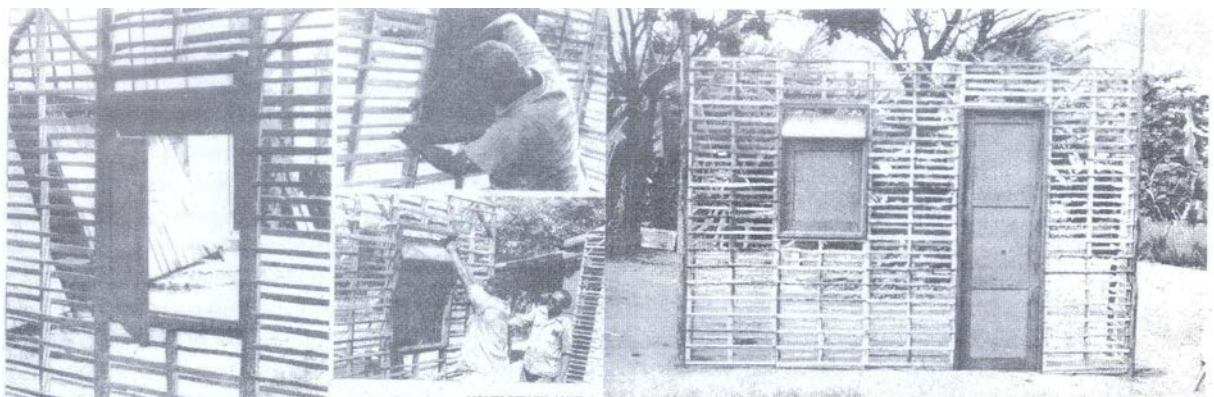


Figura 1. Cajueiro Seco (Fonte: Souza, 2008)

O citado projeto trazia duas novidades importantes. Primeiramente, a tradução racionalizada de uma técnica popular largamente difundida pelo Nordeste: a casa de taipa. O projeto consistia no desenho de painéis pré-fabricados de taipa, indicando a possibilidade de melhoria e fabricação em série de habitação em terra. Outra novidade era o uso da mão de obra da comunidade, anunciando, assim, o que será, no final dos anos 70, a política de autoajuda ou autoconstrução de habitações.

Embora o arquiteto Acácio Borsoi fosse também professor da FAUR, esta experiência não alterou a rotina e os temas de trabalho das disciplinas de projeto de arquitetura, sendo assim, uma experiência do campo da prática profissional.

2.3 O campo da pesquisa e a encomenda pública

Embora o golpe militar de 1964 tenha interrompido muitas experiências de habitação popular no Nordeste brasileiro, a formatação e implementação de grandes instituições e agências públicas de planejamento, como o Serviço Federal de Habitação e Urbanismo – SERFHAU, o Banco Nacional de Habitação - BNH e também, a continuidade dos trabalhos da então Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste – SUDENE, dará prosseguimento a outras experiências práticas e de pesquisas em habitação social.

Citaria aqui, duas experiências emblemáticas que, embora menos conhecidas que a de Cajueiro Seco, revelam o crescente interesse dos arquitetos recifenses para com os temas da habitação social, e no limite, a crescente permeabilidade do campo da pesquisa acadêmica para com estas temáticas.

A arquiteta Neide Mota, ligada ao Centro de Habitação do, agora, Departamento de Arquitetura da UFPE, junto com a arquiteta Liana de Barros Mesquita da SUDENE e com o

apoio do CNPQ, desenvolvem, no início dos anos 70, uma ampla pesquisa intitulada *Métodos construtivos tradicionais do Nordeste* (4). O trabalho reúne uma ampla documentação iconográfica de habitações do Nordeste reunindo exemplares em *terra*, em *pedra* e outras *técnicas mistas* existentes nos estados de Pernambuco, Paraíba e Alagoas. O estudo tem por fundamento conhecer a *cultura* do homem do Nordeste para assim poder *aperfeiçoar* os métodos e técnicas utilizados nas suas habitações. É, portanto, um trabalho que visa à *melhoria* habitacional através do conhecimento da *tradição* nordestina em construir. Esta pesquisa reuniu uma Instituição de Ensino Superior (UFPE) e uma Agência de Planejamento (SUDENE), cujo objetivo era a aplicação prática das soluções existentes - embora, racionalizadas. Buscava-se um embasamento empírico e teórico para uma nova política de habitação para o Nordeste.

Outra experiência emblemática, esta mais voltada para a proposição de novos projetos de habitação, foi o *Projeto experimental São Bento, 1968-1972*, de autoria da arquiteta Liana de Barros Mesquita (5). O documento do projeto traz um amplo diagnóstico dos costumes e forma de morar no sertão nordestino, apontando, assim como o trabalho anteriormente citado, para a dimensão *cultural* da habitação. As casas adotaram o tijolo manual e foram construídas pelos próprios moradores. O projeto trazia quartos com redes ao invés de camas, ampla área de cozinha com forno de terra, único banheiro voltado para o quintal onde, segundo o diagnóstico, se desenvolvia a maior parte da vida doméstica. O projeto contemplava, ainda, um local específico para a criação de animais e se utilizava de várias técnicas de armazenamento de água da chuva, hortas domésticas suspensas, técnicas e artefatos bastante difundidos no interior do Nordeste.

Analisado em seu conjunto, estas experiências consolidam importantes deslocamentos. Todos os projetos guardam estreita relação com a *tradição* nordestina de morar e construir. O habitat popular nordestino parece ser descoberto como um campo de grande *invenção* e *qualidade estética*. O que antes era visto pelo prisma da *pobreza*, é, a partir deste *novo olhar*, um ambiente de pura *criatividade*. Estes arquitetos são, portanto, responsáveis pela construção de um *olhar sensível* – esteticamente rico – sobre a habitação tradicional, resgatando, assim, um antigo débito da arquitetura para com a *tradição* brasileira. Agora, assim como as outras artes o fizeram, a fonte de inspiração primeira é a *tradição* em construir e morar.

Fica clara, também, a crítica destes autores às soluções padronizadas e monótonas de grande parte da produção habitacional do BNH. Foi, aliás, por este caminho que os arquitetos do Nordeste, construíram referências de distinção para com outros arquitetos que desconheciam a realidade nordestina. As características culturais do nordestino e sua habitação passam a ser, agora, elementos de diferenciações e disputas no campo profissional.

Ao nível do formato institucional, todos estes exemplos resultam do encontro de vontade política, grandes agências públicas de planejamento, instituições de financiamento de pesquisas e, é claro, profissionais dispostos a trilhar uma prática alternativa que, na época, saía do lugar comum do escritório privado.

Na verdade, podemos falar de uma rede de atores e instituições que juntos vão antecipar o que será o campo da pesquisa pública. A arquiteta Neide Mota, por exemplo, antes mesmo da existência de cursos de pós-graduação em Planejamento Urbano no Nordeste, circula por diversos cursos latino-americanos de autoconstrução de moradias, como, por exemplo, em 1972, o “Curso Regular de Planejamento Urbano e Regional” (6) em Bogotá e também, o curso do “Instituto de Planejamento de Lima – IPL” ligado a Universidade Nacional de Engenharia do Peru.

Aliás, é deste clima intelectual e das necessidades de suprir a crescente demanda profissional das agências de planejamento, que é criado, em 1975, o primeiro curso de Mestrado do Departamento de Arquitetura da UFPE – o Mestrado em Desenvolvimento

Urbano e Regional/MDU - fruto também das novas estratégias de formação do Serviço Federal de Habitação e Urbanismo.

3. O DEBATE ATUAL SOBRE A QUESTÃO POPULAR

3.1 Período: 1979 – 2001

A redemocratização do país abriu espaço para uma ampla mobilização em favor de novas práticas de planejamento. É nesta atmosfera que o chamado planejamento participativo se consolida e com ele as práticas de autogestão de comunidades, autoconstrução de moradias e a legalização e urbanização de favelas.

O *Projeto Teimosinho*, elaborado em 1979, e que tinha por objetivo a consolidação e urbanização da favela de Brasília Teimosa, comunidade vizinha ao bairro de Boa Viagem, zona sul do Recife, é tida como a primeira experiência onde os profissionais - intermediados pelas primeiras ONGs atuantes em Recife - são contratados diretamente pela comunidade, para a elaboração de um projeto alternativo de urbanização. Parte desses profissionais acabara de concluir seus estudos de doutoramento na Europa, onde puderam, particularmente para os que estudaram na França, observar experiências semelhantes como foi o movimento chamado Grupo de Ação Municipal Francês. Tratou-se da reunião de profissionais e técnicos na tentativa de autogerir coletivamente os problemas da comunidade, o que incluía a preservação da tipologia do assentamento: traçado orgânico das ruas, estética e técnicas construtivas das habitações.

A partir de meados dos anos 80 esse movimento já contava com grande adesão de políticos identificados com as causas populares, e também, com um crescente número de entidades técnico-profissionais financiadas pela cooperação internacional: as organizações não governamentais – ONGs. Foi neste momento que se instituíram, à nível municipal, as Zonas Especiais de Interesse Social – ZEIS, experiência pioneira à nível nacional, fruto da atuação conjunta de profissionais das ONGs, técnicos militantes independentes e dos profissionais da Comissão de Justiça e Paz- CJP da Arquidiocese de Olinda e Recife do arcebispo Dom Helder Câmara. É este conjunto de profissionais que, em 1990, atuará, junto com o movimento popular organizado, na elaboração do Plano Diretor do Recife e das leis orgânicas municipais.

Na verdade, o fenômeno das ONGs, no final dos anos 80, abrirá espaço para que muitos arquitetos se debrucem sobre a urbanização de favelas, defendendo, a “estética das favelas” - como foi o caso da ONG denominada ARRUAR. (7)

3.2 Período: 2001 – 2009

A partir de 2001, uma coalizão de esquerda liderada pelo Partido dos Trabalhadores ocupa o poder municipal do Recife, fato que dura até a data atual. Assim, durante já uma década, o poder político dá prosseguimento as principais políticas sociais e de urbanização, embora algumas questões mereçam reflexão.

Na nossa avaliação, a permanência no poder das esquerdas, parece transferir parte da energia da sociedade civil para o interior do Estado, pois, não obstante a importância de grandes programas como o orçamento participativo, a questão das políticas sociais *territorializadas* – no estilo das ZEIS – parecem perder espaço para uma reflexão centrada, cada vez mais, na noção de “cidade”. A antiga noção de “comunidades” associada a “territórios de utopia”, como pareciam ser as comunidades pobres e as ZEIS, sofrem, digamos assim, um processo de *desencantamento* (8). O foco da gestão – fato natural, aliás, para uma estratégia de reprodução do poder – concentra-se, agora, em todo o território da *cidade* e em todos os *cidadãos* (indivíduos), e não mais, pelo menos da forma como outrora fizera, em *porções* do território e as míticas *comunidades*.

Por outro lado, uma série de experiências organizadas por entidades profissionais, como a própria academia, e a forte presença da iniciativa privada na produção da habitação social, consolidam um cenário promissor para este campo de reflexão e atuação.

Em 2002, por exemplo, o Departamento Pernambucano do Instituto de Arquitetos do Brasil – IAB/PE, junto com o CREA-PE (9), concebem o *Projeto Construa Certo* cujo objetivo seria a formação de arquitetos especializados em habitação popular. É a primeira tentativa de formação de um programa permanente de atuação profissional, via mercado de trabalho, para atuar nas Zonas Especiais de Interesse Social, o que significava projetar de acordo com parâmetros e técnicas alternativas presentes no padrão de urbanização e de habitação das comunidades pobres. Para esta tarefa, o IAB-PE consolidou uma linha de financiamento, a fundo perdido, com o Banco Interamericano de Desenvolvimento, e firmou uma parceria com a Prefeitura do Recife e o Departamento de Arquitetura da UFPE que criaria um programa permanente de formação em habitação social.

No mesmo momento, na grade curricular do Curso de Arquitetura da UFPE, aparece, pela primeira vez, através da iniciativa do professor e sociólogo Luís De La Mora, uma disciplina de projeto em “Habitação Popular” cujo campo de experimentação prática, consolidado através de convênio com a Prefeitura do Recife, seria as comunidades carentes do Recife.

Na mesma atmosfera, a reforma curricular debatida entre 2002 e 2005 no Curso de Arquitetura da UFPE (10), contemplava, enfaticamente, disciplinas na área de Habitação Popular, o que incluía a especulação de linhas de financiamento, abordagens legais e métodos construtivos alternativos. Vale lembrar ainda que, no novo curriculum, as disciplinas de história passaram a valorizar o estudo da arquitetura vernacular – o que inclui, necessariamente, a habitação em terra – e alguns professores do curso atualmente desenvolvem estudos práticos de produção manual de tijolo de terra.

Ao que parece, ocorre uma dispersão de iniciativas em direção à habitação social, o que inclui os antes impermeáveis ambientes da academia (pelo menos ao nível da graduação), as entidades profissionais (IAB-PE), e as empresas de mercado impulsionadas pelos fartos financiamentos públicos.

A realização de congressos articuladores destas experiências, e a formatação de convênios entre universidades, agências públicas de planejamento, profissionais diversos, além, é claro, da tentativa de reaglutinação das energias utópicas, parece ser um passo fundamental!

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MESQUITA, Liana de Barros, (1972). *Projeto Experimental São Bento, 1968-1977*. Recife: mimeo, SUDENE/Prefeitura de São Bento-PB.

MOTTA, Enio Laprovitera, (1991). *Um novo saber militante. Estado, movimento popular e prática profissional alternativa: do autoritarismo à consolidação da participação popular à Recife (1964 – 1991)*. Recife: MDU/UFPE, Dissertação de Mestrado. 260p.

MOTTA, Enio Laprovitera, (2009). *L'Architecte et le Peuple*. Paris: École des Hautes Études em Sciences Sociales – EHESS, Tese de Doutorado. 540p.

SOUZA, Diego Beja Inglês, (2008). *Reconstruindo Cajueiro Seco: arquitetura, política social e cultura popular em Pernambuco (1960-64)*. São Paulo: FAU-USP, Dissertação de Mestrado.

NOTAS

- (1) Para uma análise da atuação dos arquitetos no campo do popular, consultar Motta (2009).
- (2) O ITEP foi criado em 1942, momento de transição da economia brasileira entre um modelo agrário-exportador e o industrial. O Decreto de criação do ITEP foi assinado pelo interventor federal em Pernambuco, engenheiro Agamenon Magalhães, no momento que a entidade “Liga

Social contra o Mocambo” consolida um debate nacional sobre a construção de habitações populares.

- (3) Para uma análise detalhada desta experiência, consultar Souza (2008).
- (4) A coordenadora da pesquisa foi a arquiteta Neide Mota, formada em 1957 pelo Curso de Arquitetura da Escola de Belas Artes de Pernambuco. Consultar: SUDENE/UFPE/CNPQ(1978). *Métodos construtivos tradicionais no Nordeste. Levantamento nos Estados de Pernambuco, Paraíba e Alagoas*. Recife: mimeo. 247p.
- (5) O projeto é da autoria da arquiteta Liana de Barros Mesquita formada em 1959 pelo Curso de Arquitetura da Escola de Belas Artes de Pernambuco. Consultar: MESQUITA(1972), Liana de Barros. *Projeto Experimental São Bento, 1968-1972*. Recife: mimeo SUDENE/Prefeitura de São Bento-PB.
- (6) Curso ligado ao Programa Interamericano de Planejamento Geral da Organização dos Estados Americanos – OEA. Esta circulação de profissionais é realmente intensa e inclui a CEPAL, o reputado Instituto de Planejamento de Paris, o Instituto Internacional de Pesquisa e Formação em vista de um Desenvolvimento Harmonizado - IRFED do grupo Economia e Humanismo fundado pelo Padre Leuret, assim como, outros cursos de planejamento urbano na Inglaterra.
- (7) Sobre as ONGs e a gestão municipal em Recife, consultar: Mota (1991). A Assessoria de Urbanização Popular - ARRUAR reunia os arquitetos recifenses Geraldo Marinho – também professor da UFPE – Milton Botler, Rubéns Pecchio e Maria Leonor Maia.
- (8) Fato reforçado por algumas catástrofes em áreas populares, como os deslizamento de barreiras ou explosões devido a gases de antigos lixões indevidamente ocupados, que parecem colocar em cheque a noção de *fixação* de comunidades, pois, a *remoção* destas – embora tratando-se de casos extremos - passa a compor a linguagem política atual.
- (9) O IAB-PE era presidido pelo arquiteto Bruno Ferraz tendo como vice-presidente o também arquiteto Enio Laprovitera da Motta. O CREA-PE era presidido pelo engenheiro Telga Araújo Filho.
- (10) Entre 2002 e 2005 o Curso de Arquitetura era coordenado pelo arquiteto e professor Enio Laprovitera da Motta.

AUTOR:

Enio Laprovitera da Motta

Arquiteto e Urbanista pela UFPE (1986)

Professor do Departamento de Arquitetura da UFPE (Desde 1997)

Mestre em Desenvolvimento Urbano da UFPE (1989)

Doutor pela École Des Hautes Études em Sciences Sociales – EHESS(Paris) (2009)

Coordenador do Curso de Arquitetura e Urbanismo da UFPE (2003-2005)

Vice-Presidente do Instituto de Arquitetos do Brasil - IAB-PE (Dep. de Pernambuco) (2002-2005)

Membro da Câmara de Arquitetura do CREA – PE (2002-2004)

Membro do Conselho de Desenvolvimento Urbano (CDU) da Cidade do Recife. (2002-2005)



A CRIANÇA E A CONSTRUÇÃO COM TERRA: MURAI URBANOS E OUTRAS HISTÓRIAS

Parisi, Rosana S.B.¹; Cervini, Esther Aparecida²; Saraiva, Kátia Maria Pacheco³;
Vieira, Fernanda Del Carmen⁴; Nunes, Gabriela Avanzi⁵; Gonçalves,
Laís Rafante de Lima⁶; Giardini, Bruna Veronesi⁷; Rezende, Elizandra Eduarda⁸;
Costa, Raíssa Bernardes⁹; Ávila, Milena Martins¹⁰

- (1) Arquiteta, Mestre em Urbanismo pela FAUPUCCAMP, Doutora em Ciências da Engenharia Ambiental pela EESC-USP, Professora Adjunta III do Curso de Arquitetura da PUC-Minas, campus Poços de Caldas. rosanaparis84@gmail.com
- (2) Arquiteta, Mestre em Artes pela UNESP-SP F e Professora Assistente III do Curso de Arquitetura da PUC-Minas, campus Poços de Caldas. esthercervini@uol.com.br
- (3) Psicóloga, Mestre em Psicologia pela PUC-RJ, Professor Assistente III do Curso de Psicologia da PUC-Minas, campus Poços de Caldas ricardoengenheiro@yahoo.com.br
- (4) a (10) Acadêmicos e bolsistas de Projeto de Extensão do Curso de Arquitetura da PUC-Minas, campus Poços de Caldas: fernandamake@gmail.com; gabriela.avanzinunes@gmail.com; giardini@hotmail.com; elizandra.juruiaia@hotmail.com; laisrlg@hotmail.com; bernardes86@hotmail.com; mi_alterosa@hotmail.com

Palavras-chave: Sustentabilidade; ambiente; educação; intergeracional, pintura mural, histórias, tinta de terra, crianças

Resumo

O presente trabalho apresenta contribuições de melhorias para o espaço da Escola Criativa Idade e do Lar Criança Feliz, de Poços de Caldas-MG, com a intervenção artística de pinturas murais realizadas por grupo de docentes e acadêmicos de Projeto de Extensão da PUC-Minas, campus de Poços de Caldas e pelas crianças das duas instituições mencionadas, utilizando as tintas preparadas com terra e outros materiais ecológicos. Além disso, a proposta pretende incluir socialmente as famílias das crianças e adolescentes envolvidos, que em um segundo momento, ao contarem suas "histórias urbanas e histórias de vida na cidade", subsidiarão os temas para as imagens geradas nos murais, que transcenderão o espaço dessas unidades na direção dos espaços urbanos da cidade de Poços de Caldas.

O envolvimento de crianças e adolescentes no trabalho visa despertar em suas famílias ou em sua comunidade o interesse em abraçar a causa de proteção e da responsabilidade pelo meio ambiente, um legado para gerações futuras. Este projeto busca a sensibilização, a valorização e o resgate do patrimônio imaterial, especificamente através das técnicas de pintura e de construção com terra, assim como a utilização de materiais não convencionais e advindos do descarte no meio ambiente.

1. INTRODUÇÃO E ANTECEDENTES

O incentivo ao consumo e a tecnologias avançadas fortaleceram a sociedade de se distanciar de algumas técnicas vernáculas e artesanais, que são grandes contribuintes para a permacultura. Porém, alguns questionadores buscam soluções mais conscientes em relação ao meio ambiente, além de práticas de intervenções realizadas com materiais sustentáveis. Considerando que essa reeducação demonstra ser mais eficaz na fase de aprendizagem inicial, para este trabalho foram escolhidas crianças e adolescentes como integrantes do projeto. Através de atitudes não convencionais e agregando valores ambientais há uma busca contínua com o propósito de incentivá-los, tendo como foco as técnicas construtivas à base de terra, a reutilização de materiais e o resgate de valores históricos, culturais e intergeracionais.

A proposta apresentada refere-se ao projeto "Murais Urbanos e outras histórias" que foi a junção de algumas experiências anteriores e estudos realizados nos projetos extensionistas denominados "A criança e a construção com terra, um jogo de descobertas" e "A criança e a construção com terra e o Recriação Vilas Unidas de Poços de Caldas", iniciados pelo Grupo de Pesquisa Materiais Alternativos para um Habitat Sustentável, do curso de Arquitetura e

Urbanismo da PUC-Minas, *campus* de Poços de Caldas, MG- Brasil. Este trabalho incentivou o aprendizado de técnicas construtivas menos impactantes ao meio ambiente, relacionadas à terra, à produção de adobes e BTCs (bloco de terra comprimida), fazendo uma relação das mesmas com o legado da cultura construtiva trazido ao Brasil pelos colonizadores portugueses. Durante este processo, foi constatado que as crianças poderiam se transformar em agentes disseminadores das ideias propostas e estas manifestavam extrema curiosidade, envolvimento e comprometimento com o trabalho.

Assim, nas escolas e instituições escolhidas para aplicação do projeto nos anos anteriores, foram iniciadas dinâmicas de conhecimentos, através de jogos criados pelos próprios alunos e professores da PUC-Minas, conforme pode se observar através das figuras 1 e 2. A primeira edição do programa, em 2009, envolvia duas escolas: uma localizada na zona rural, na Fazenda Lambari, distante 13 km do centro urbano e a outra pertencente à rede privada, implantada em sistema de Cooperativa de Educação com a parceria do Serviço Social do Comércio (SESC), no centro de Poços de Caldas, denominada Colégio Visão. Dessa experiência nasceram os brinquedos e jogos educativos com temáticas ambientais, com a inserção das técnicas de terra e, por conseguinte, sustentáveis, na sua manufatura.



Figuras 1 e 2. Tabuleiro do Jogo Trilha da Sustentabilidade e flagrante das crianças e adolescentes manuseando o jogo (Fonte: GEAHAS-PUC-MINAS, 2009)

A segunda experiência foi realizada no Recriação Vilas Unidas durante os anos de 2010 e 2011, em que através de conversas, gincanas e brincadeiras, tendo como tema a sustentabilidade e o reaproveitamento de materiais, introduziu-se também o conhecimento de técnicas construtivas à base de terra. Durante este período, as crianças e adolescentes, professores e funcionários, com a participação da equipe da PUC-Minas, pintaram um mural de nove metros de extensão no pátio interno da unidade do Recriação com tinta à base de terra, conforme pode se observar nas figuras 4 e 5.



Figuras 4 e 5. Flagrantes do processo de pintura e o resultado final do mural interno do Recriação Vilas Unidas. Fonte: Acervo GEAHAS, 2010-2011

Depois, conforme solicitado pelas próprias crianças e funcionários da unidade, foi pintada e melhorada a parede externa desse lugar, conforme pode se observar nas figuras 6, 7 e 8, para que as pessoas que transitam pelo local pudessem ser sensibilizadas pela técnica.



Figuras 6, 7 e 8. Processo de produção do Mural externo Recriação Vilas Unidas (Fonte: Parisi, 2011)

Por questões que fogem ao controle da equipe, no final do ano de 2011 soube-se que a unidade do Recriação Vilas Unidas seria fechada para que, junto com um colégio estadual próximo, se transformasse em escola de período integral. Dessa forma, o município conseguiria obter maior valor de repasse financeiro para a manutenção da educação na escola. Com isso, o projeto "A Criança e a construção com terra" seria, naquele momento, encerrado. Porém, na fase de encerramento desse segundo projeto, o grupo recebeu um convite para desenvolver atividades semelhantes com a escola Criativa Idade, que é parceira do Lar Criança Feliz e desenvolve um trabalho diferenciado, valorizando um ensino voltado para a arte e cultura, assim como para uma formação baseada em princípios éticos e construtivistas. Esta foi uma excelente oportunidade de prosseguir o projeto de extensão anteriormente referido, mas agora numa nova versão, ora denominada "A criança e a construção com terra: os Murais Urbanos e outras histórias".

A equipe em atividade é constituída por acadêmicos e docentes dos Cursos de Arquitetura e Psicologia da PUC-Minas, do *campus* de Poços de Caldas, MG. Esses, no âmbito construtivo, incentivam as crianças e adolescentes a participarem de todas as atividades, sem barreiras emocionais e sociais.

A intenção é auxiliar os mesmos a descobrir uma área urbanística de conscientização ambiental que caminhará junto dos projetos sociais, culturais e artísticos e ainda, através de atividades pedagógicas, ensinar sobre alguns materiais ecológicos, naturais e sustentáveis, praticando este conhecimento através da melhoria dos ambientes das duas instituições e elaborando pinturas murais com a tinta à base de terra. Entretanto, esta revitalização de espaços não se encerra no contexto da Criativa Idade e do Lar Criança Feliz, já que também serão realizadas pinturas em outros muros da cidade de Poços de Caldas-MG, associando os temas desse trabalho à história da cidade, à história dos avós dessas crianças e adolescentes, proposta a ser desenvolvida durante o segundo semestre do presente ano.

2. OBJETIVO

O projeto está baseado na metodologia de Educação Ambiental e Patrimonial e pretende atribuir planejamento de espaço, a partir do momento em que as crianças e adolescentes passam a vislumbrar o futuro. Este é um estudo para técnicas permanentes, baseado nos "Princípios e caminhos da permacultura além da sustentabilidade" de David Holmgren (2008), assim como no incentivo do emprego das tintas de terra presentes na cartilha "Cores da terra" de Carvalho et al. (2007).

Na arquitetura vernacular notam-se formas de construir totalmente relacionadas ao local, materiais e recursos do ambiente. Estas técnicas, apesar dos preconceitos, são bastante eficazes por serem econômicas, por dispensarem o transporte dos materiais e assim proporcionarem menores gastos de energia. No projeto, as crianças e adolescentes recebem orientações de técnicas alternativas sustentáveis, como a confecção das tintas à base de terra utilizando diferentes tipos de terra levadas pelas mesmas, assim como a produção de adobes e BTCs, que também estão inseridas no campo da economia energética.

Os desenhos nos muros são elaborados a partir de histórias do local, a partir de relatos feitos pelos avós, gerando o encontro intergeracional. O conhecimento da cidade aparece de uma forma discutível, diferente de quando é contada apenas uma história e essa passa a ser inquestionável.

Assim, de modo geral, a proposta pretende trazer uma contribuição de melhoria para o espaço das duas unidades, com a intervenção artística dos murais realizados pelo grupo e pelas crianças e adolescentes, utilizando as tintas preparadas com terra e outros materiais ecológicos, além de incluir socialmente as famílias que, ao contarem suas “histórias urbanas e histórias de vida”, desenvolvem-se os temas para as imagens geradas nos murais urbanos. Observa-se que a leitura urbana para encontrar os locais a serem realizados e a possibilidade da sociedade ter voz junto às manifestações culturais, representa valor inestimável à construção de uma nova mentalidade, em que a sustentabilidade do planeta deve ser entendida não só por sua natureza econômica ou produtiva, mas sobretudo social.

Este projeto tem buscado continuamente a sensibilização, a valorização e o resgate do patrimônio imaterial, especificamente as técnicas com terra, assim como a utilização de materiais não convencionais e advindos do descarte no meio ambiente. A preparação de tintas fundamenta-se no documento “Cores da terra” (Carvalho et al., 2007) e a fabricação de adobes e BTC em “Técnicas de construção com terra” (Neves; Faria, 2012).

O projeto “Murais Urbanos e outras histórias” consiste em aplicar o trabalho de mobilização e educação, assim como a transformação do espaço utilizado pelas crianças e adolescentes, para que sirva como modelo e referência a ser multiplicado no âmbito do município de Poços de Caldas – MG. Espera-se também que a natureza deste trabalho possa servir como inspiração para outras propostas que venham a ser desenvolvidas com crianças e adolescentes de outros municípios ou regiões, sempre procurando fomentar a educação ambiental e patrimonial associada às histórias de vida presentes na cidade.

3. PROPOSTAS EM ANDAMENTO E FUTURAS

Primeiramente, ocorreu uma oficina de sensibilização com a participação de crianças e adolescentes da Criativa Idade e do Lar Criança Feliz. Já neste primeiro momento houve a participação de alguns familiares-idosos de participantes das duas unidades. O resultado foi transformado em um grande cartaz confeccionado com a participação de todos os envolvidos (figuras 9 e 10).

No segundo encontro, a partir de dinâmica de grupo, sensibilizaram-se os participantes das unidades envolvidas para a confecção das tintas à base de terra, produzidas a partir de porções de solo que cada um levou ao encontro. Foi solicitado que eles coletassem cerca de 5 kg de terra, próximo as suas residências. Durante o processo de produção foi empregada cola branca, adquirida pelas entidades envolvidas, e água. As tintas produzidas foram acondicionadas em recipientes plásticos reutilizados. Cada participante pode agregar às tintas produzidas pigmentos do tipo “pó xadrez”, produzidos pela Lanxess Energy Chemistry, a fim de que as tintas adquirissem nuances diversas. Em seguida, foram confeccionados dois “painéis sustentáveis”, com pinturas e objetos que provavelmente seriam inutilizados pelos envolvidos, cujo resultado desse encontro aparece nas figuras 11 e 12.



Figuras 9 e 10. O processo de produção do cartaz. (Fonte: Gonçalves, 2012)



Figuras 11 e 12. Processo de produção das tintas e dos primeiros murais (Fonte: Parisi, 2012)

Após este aprendizado, os "avós" são mais uma vez envolvidos, para a atividade de contação de histórias. Neste momento, os participantes produzem desenhos e pinturas com as tintas à base de terra utilizando, como pano de fundo, as histórias contadas durante este encontro intergeracional. Pretende-se que, ao voltar à história para caracterizar os locais da cidade de acordo com a época, os participantes possam interagir com os avós em um contexto nostálgico e ao mesmo tempo envolvente.

No âmbito da cidade de Poços de Caldas, considera-se de grande importância os fragmentos de seus patrimônios históricos, tais como a antiga Estação da Ferrovia Mogiana, que hoje serve para acomodar as instalações da Secretaria Municipal de Turismo. Ainda assim, o local sofre degradação devido à falta manutenção, apagando um percurso ferroviário belíssimo que atraía não apenas o público local, mas também os turistas que chegavam a Poços de Caldas provenientes das mais diversas regiões. A ideia de reativação do Ramal Ferroviário que ligava Poços de Caldas a Águas da Prata foi deflagrada a partir de trabalhos de crianças e adolescentes da escola Criativa Idade, participante desse mencionado projeto e transcendeu o espaço da escola tomando uma dimensão municipal. Um abaixo-assinado articulado por esses protagonistas chegou à Câmara Municipal, aos jornais locais e à televisão e nesse momento, envolvem outros segmentos da comunidade em torno do tema ferrovia. Observa-se, através das figuras 13, 14 e 15, como o leito da ferrovia, ora adaptado pela municipalidade, está sub-utilizado.



Figuras 13, 14 e 15. Antiga Estação da Ferrovia Mogiana em Poços de Caldas- MG. Fonte: www.memoriapocos.com.br . Acesso em 27/03/2012)

4. JUSTIFICATIVAS

A Revolução Industrial agravou os desequilíbrios das cidades, como o êxodo rural, inchaço, poluição, lixo e outros (Herculano, 1992). Através da educação ambiental se consegue as ferramentas para lutar contra tais problemas, promovendo o desenvolvimento de um ambiente mais sustentável. Segundo Oliveira (2006), “a partir de um espaço bem estruturado, é possível oferecer à criança uma organização ambiental favorável ao encontro, à brincadeira, à liberdade de escolha”. Ainda afirma o mesmo autor que “elas (crianças) necessitam de um espaço público de liberdade para poder desenvolver sua autonomia.”

Também de acordo com Rabinovich (2004), a constituição do ser como sujeito, passa necessariamente pela vivência do espaço público como experiência de constituição da sua própria subjetividade em que o outro tem participação efetiva nas trocas vivenciais e na constituição da identidade. Assim, a escolha dos murais urbanos vem de encontro ao espaço da cidade que aparece como co-autor do sujeito. Guatarri (1990) também aponta em seu livro “As três ecologias” que a sustentabilidade deve ser ambiental, social e psicológica. Um exemplo desta atitude pode ser encontrado no Chile, em Valparaíso, terra natal do poeta Pablo Neruda. O bairro onde se encontra sua casa, "Sebastiana", foi por este motivo todo reformulado com cores e poemas de Neruda, trabalho que se efetivou pela realização de seus próprios moradores (figuras 16 e 17). Acredita-se que estas iniciativas engendram uma profunda modificação nos sujeitos e na cidade a longo prazo.



Figuras 16 e 17. A casa "La Sebastiana" de Neruda e uma das ladeiras requalificadas de acesso do bairro onde a mesma se encontra. (Fontes: <http://www.panoramio.com/photo/6803301> e <http://meusplanosdeviagem.wordpress.com/2011/04/29/valpo-y-vina/> . Acesso em 26/03/2012)

Durante o primeiro encontro anteriormente mencionado percebeu-se o grande interesse das pessoas envolvidas em vivenciar o que foi proposto. Através de uma conversa lúdica, algumas delas mostravam já terem tido algum conhecimento sobre o tema reutilização, como é o caso de 'Agnus', 13 anos, que relatou ter ganhado um freio de borracha de pneu que seria descartado e, com este, transformou seu "trolinho"¹, que ele mesmo havia montado, em um brinquedo mais interessante e mais seguro.

O ganho social de formação de cidadãos conscientes que é esperado como resultado para crianças e adolescentes da Escola Criativa Idade e do Lar Criança Feliz, para os estudantes dos cursos de Arquitetura e Urbanismo e Psicologia da PUC-Minas, e também para os avós dos alunos das escolas, é o grande do presente trabalho em relação à pesquisa e difusão de técnicas mais econômicas e sustentáveis.

Cassati (2001) afirma que "crianças com maior contato com a natureza desenvolvem um comportamento mais harmonioso, brincam melhor, aumentam a criatividade e aprofundam a sua percepção do espaço em que vivem", o que certamente influenciará toda sua comunidade. Porém, quando esse contato com o meio natural não é possível, a experiência e manipulação do ambiente físico podem e devem ser propiciadas no espaço edificado, no qual a criança está inserida. Justamente por isso, acredita-se que propostas como a que ora se apresenta são necessariamente fundamentais para um futuro com novas perspectivas.

No segundo encontro anteriormente mencionado, ocorreu uma interação maior do grupo das duas unidades envolvidas. Após realizado um pequeno jogo com brincadeiras que visavam à aproximação dos dois grupos, partiu-se para a explicação do uso e da fabricação das tintas feitas à base de terra. Os alunos participaram exaustivamente de todo o processo, da terra peneirada, da mistura da água, da cola, depois da colocação de corantes e terras naturais com suas diferentes colorações e procedências. Na explicação sobre a forma de confecção e origem das tintas, os alunos puderam se expressar livremente, tendo como eixo o enfoque da natureza.

Além da questão da sustentabilidade ambiental, resgatam-se também os conceitos da sustentabilidade social, ética e solidariedade possíveis. Porém, observam-se as diferenças entre os alunos das duas entidades, seus valores e mundos diversos. Alguns mais voltados para deixar impressa sua marca pessoal, outros para valores compartilhados nos bairros mais populares, de onde são originários, outros voltados para a realização de algum tipo de manifesto e crítica, ou seja, há em cada encontro uma riqueza cultural que os participantes vão revelando, assim como acabam, nestes momentos, expressando a diversidade da própria cidade e do espaço urbano em que estão inseridos.

5. CONTINUIDADE DO PROJETO

A próxima atividade é trazer o tema da estrada de ferro nas histórias dos avós e também em outras histórias, as quais sempre tiveram como pano de fundo algum ambiente da cidade. Como anteriormente comentado, o tema da Mogiana surgiu durante uma pesquisa do semestre da Escola Criativa Idade, e considerou-se muito pertinente para resgatar a história oral.

A partir da narrativa destas histórias, espera-se desenvolver desenhos com as crianças e adolescentes que, utilizando também as tintas de terra, criem um repertório de imagens, personagens e locais que serão utilizados na confecção dos murais urbanos no próximo semestre.

Nos meses seguintes, este material coletado e ressignificado fará parte da confecção da pintura de dois murais internos a serem produzidos um no Lar Criança Feliz e outro na Escola Criativa Idade.

6. METAS

I. Ao aproximar as crianças e adolescentes envolvidos através da intervenção em espaços de suas instituições e também pela realização de murais em locais escolhidos da cidade, pretende-se que as mesmas, com o envolvimento de familiares e da comunidade sensibilizada, possam remodelar outros lugares como forma de requalificar e melhorar a cidade, demonstrando ser esta uma maneira consciente para o exercício da cidadania;

II. Implementar ações acerca da conscientização ambiental, das técnicas construtivas vernaculares e à base de terra, das práticas éticas e cidadãs, chamando a atenção dos envolvidos para os temas terra, sustentabilidade, história local, consumo consciente, entre outros.

III. Estimular o envolvimento de outros moradores na realização de suas pinturas murais, criando uma nova cultura para a transformação qualitativa do espaço da cidade.

IV. Captar empresas, entidades e pessoas físicas para que sejam parceiras na realização e manutenção econômica do projeto de melhoria e transformações de espaços da cidade.

7. RESULTADOS DESEJADOS

Com a proposta apresentada e em andamento, conta-se com o envolvimento ativo de seus usuários e espera-se que haja não somente uma melhoria na qualidade de espaços, mas também um aprimoramento do relacionamento das crianças e adolescentes com o ambiente em que vivem.

Pretende-se transformar os espaços construídos onde as crianças e adolescentes estudam e aprendem, pois, segundo Oliveira (2004), "se o tempo de permanência das crianças e adolescentes nesse espaço for muito grande, poderão surgir facilmente problemas de relacionamento".

Acredita-se que práticas de educação ambiental e patrimonial orientadas para ações sustentáveis sejam mais eficazes em crianças e adolescentes em fase de aprendizagem, pois este é o momento em que estão formando opiniões e aprendendo a exercer a cidadania. Assim, a intervenção proposta faz com que as crianças e adolescentes encontrem nesses lugares a identidade, a vontade de retornar nos locais em cuja transformação exerceram papel fundamental.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como afirmou o compositor brasileiro Gonzaguinha (1993) na música "Semente do amanhã": "ontem o menino que brincava me falou, hoje é semente do amanhã"...

O trabalho ora apresentado não se encerra, mas pretende, continuamente, gerar inspirações para outras atividades que tenham como mote principal o envolvimento de crianças e adolescentes que podemos, se conscientizados e envolvidos, disseminar atitudes e perspectivas em espaços em que a terra possa estar presente, seja como material, seja como motivo, seja como fonte de inspiração desse amanhã melhor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARVALHO, A. F. et al. (2007). *Cores da terra. Fazendo tinta com terra*. Viçosa: UFV, Cópia Impressa.

CASSATTI, R. (2001). *A descoberta da sombra, de Platão a Galileu, a história de um enigma que fascina a humanidade*. São Paulo: Companhia das Letras.

GEAHS-PUC-MINAS, (2009). Relatório Final do Projeto a Criança e a Construção com Terra, Puc-Minas, campus Poços de Caldas, 157p. Cópia Impressa.

- GONÇALVES, L.R.L. (2012). Acervo fotográfico digital. GEHAS- PUC-Minas. Cópia Digital.
- GUATARRI, F. *As Três Ecologias*. Campinas: Papirus, 1990.
- HOLMGREN, D. (2008). Princípios e caminhos da permacultura além da sustentabilidade. Disponível em < [http:// www.holmgren.com.au/](http://www.holmgren.com.au/)>. Acesso em 14/11/2008.
- HERCULANO, S. (1992). *Do desenvolvimento (in)sustentável à sociedade feliz*. In: GOLDEMBERG, M. (Org.)(1992). *Ecologia, ciência e política*. Rio de Janeiro: Revan.
- NEVES, C. e FARIA, O. (Organizadores). (2012). *Técnicas de Construção com Terra*. Disponível em http://redproterra.org/images/stories/pub_pdf/tecnicas_de_construcao_com_terra.pdf. Acesso em 22/05/2012.
- OLIVEIRA, C. (2006). *O ambiente urbano e a formação da criança*, São Paulo: ALEPH.
- PARISI, R.S.B. (2012). Acervo fotográfico digital. GEHAS- PUC-Minas. Cópia Digital.
- RABINOVICH, E. (2004). *Barra Funda, São Paulo: as transformações na vida das crianças e na cidade – um estudo de caso*. In: GÜNTHER, H. ET AL. *Psicologia Ambiental . Entendendo as relações do homem com seu ambiente*. Campinas: alínea, 2004.

NOTAS

1 "Trolinho" é a denominação genérica dada ao carrinho de rolimã, um brinquedo confeccionado com tábuas, peças de madeira e rolamentos que funcionam como rodas. Este é muito popular entre as crianças de comunidades e bairros de cidades do interior da região sudeste do Brasil.

AUTORES

Rosana Soares Bertocco Parisi, Arquiteta e Urbanista, Mestre em Urbanismo pela FAUPUCCAMP (2003), Doutora em Ciências da Engenharia Ambiental pela EESC-USP (2008) é Professora no Curso de Graduação de Arquitetura da PUC-Minas, campus de Poços de Caldas desde 1997, Membro do Colegiado de Coordenação do Curso de Arquitetura da PUC-Minas campus de Poços de Caldas desde 2011 e Coordenadora do Curso de Pós Graduação Latu-Sensu "Habitat Sustentável e Eficiência Energética" da mesma universidade.

Esther Aparecida Cervini, Arquiteta e Urbanista, Mestre em Arte pela UNESP-SP (1996), Professora Assistente III no Curso de Graduação de Arquitetura da PUC-Minas, campus de Poços de Caldas desde 1998. Atualmente é coordenadora do Projeto de Extensão: A criança e a construção com terra: os murais urbanos e outras histórias da PUC-Minas, campus de Poços de Caldas.

Kátia Maria Pacheco Saraiva, Psicóloga, Mestre em Psicologia Clínica pela PUC-RJ (1999), Especialista em Psicologia Médica e em Gestão de Programas Intergeracionais (2008 e 2010). É Professora Assistente III do Curso de Psicologia da PUC-Minas, campus de Poços de Caldas desde 2001.

Fernanda Del Carmen Vieira, Gabriela Avanzi Nunes, Laís Rafante de Lima Gonçalves, Bruna Veronesi Giardini, Elizandra Eduarda Rezende, Raíssa Bernardes Costa e Milena Martins Ávila são graduandas do Curso de Arquitetura e Urbanismo da PUC-Minas, campus de Poços de Caldas e atuam respectivamente: as duas primeiras, como bolsistas e as demais como voluntárias do Projeto de Extensão "A criança e a construção com terra: os murais urbanos e outras histórias".



CONVIVÊNCIAS COM O FIBROBARRO

Ripper, José Luiz Mendes¹; Campos, Daniel Malaguti²; Souza, Tiago de Paula³

(1) Professor Emérito, Coordenador do LILD - DAD, PUC-Rio* - lucasripper@yahoo.com.br

(2) Doutorando em Design do LILD – DAD, PUC-Rio* - danmalaguti@gmail.com

(3) Mestrando em Design do LILD – DAD, PUC-Rio* – seutiago@gmail.com

* Departamento de Artes e Design, PUC-Rio - R. Marquês de São Vicente 225, Gávea, Rio de Janeiro-RJ
CEP 22453-900 Cx. Postal 38097 Fax: (5521)3527-1589 Tel: (5521)3527-1595 / 3527-1941

Palavras-chave: terra, bambu, fibras naturais, estruturas, técnicas convencionais

Resumo

Este trabalho tem como objetivo principal divulgar alguns dos desdobramentos da pesquisa sobre técnicas construtivas de estruturas arquitetônicas utilizando materiais locais (como bambu, fibras naturais e terra), desenvolvidos pelo Laboratório de Investigação em Living Design da PUC-Rio. Uma das metas desta pesquisa é sistematizar processos de design de formas estruturais através da convivialidade e da experimentação entre pesquisadores e parceiros e materiais disponíveis. A oportunidade de construir pequenas estruturas, como ocas feitas de bambu, terra e fibras, junto com as crianças de uma colônia de férias, possibilitou aos autores refletir sobre esta experiência de ensinar técnicas construtivas em atividades práticas que estimulem a convivialidade e o aprendizado de tecnologias acessíveis utilizando materiais localmente disponíveis. A possibilidade de ter um experimento construído em escala real a partir das necessidades de um grupo social foi um grande estímulo para o desenvolvimento desta pesquisa, resultando em diferentes caminhos para o uso da terra, das fibras naturais e do bambu em estruturas arquitetônicas e a partir desta experiência refletir sobre seu ensino e aprendizado.

1. INTRODUÇÃO

O presente artigo tem como meta apresentar alguns aspectos da pesquisa aplicada do LILD, como o ensino e o aprendizado de técnicas construtivas, utilizando materiais e mão de obra disponíveis localmente, nos diversos contextos de parceria que o laboratório estabelece.

Inicialmente faremos uma breve introdução ao trabalho de pesquisa realizado pelo LILD desde 1985 e a seguir apresentaremos o parceiro dos trabalhos descritos, bem como sua contextualização.

Serão descritos dois estudos de caso, ou duas vivências construtivas, ocorridas recentemente e onde foi observado o método aplicado pelo LILD nestes dois momentos diferentes. Alguns aspectos e princípios dessa metodologia são mais enfatizados no primeiro experimento e outros no segundo experimento. As diferenças e semelhanças dos casos estão descritas no decorrer do artigo.

1.1 O Laboratório de Investigação em Living Design

Desde os anos 1980, o curso de Desenho Industrial da PUC-Rio tem desenvolvido projetos de forte impacto social, inicialmente realizados em suas disciplinas de projeto. Com o tempo este trabalho foi crescendo e sendo também desenvolvido extracurricularmente. A partir dos resultados acumulados, definiu-se a linha de pesquisa Objeto, Meio Ambiente e Sociedade, e organizou-se o Laboratório Oficina de Treinamento e Desenvolvimento de Protótipos (LOT-DP) em 1985, hoje chamado Laboratório de Investigação em Living Design, o LILD.

O espaço é amplo e totalmente projetado para o trabalho em grupo, sem divisórias, que seriam fatores de isolamento entre professores e alunos. O local apresenta espaço interno aberto para o exterior, adaptando a construção ao clima tropical do Rio de Janeiro (figuras 1 e 2).



Figuras 1 e 2. Espaços externo e interno do LILD, PUC-Rio (Acervo do LILD)

No LILD professores, designers, arquitetos, geógrafos, engenheiros e alunos da graduação e da pós-graduação trabalham inspirados pelas formas espontâneas da natureza a partir de tecnologias acessíveis e técnicas convivenciais (Illich, 1976) como a construção coletiva, desenvolvendo objetos de materiais naturais ou de baixo impacto ambiental. Transferência tecnológica e desenvolvimento de produtos acessíveis e apropriados ao contexto de uso; estudo e uso do bambu, fibras naturais e materiais locais como matéria prima; desenvolvimento de objetos voltados para portadores de necessidades especiais; uso de ferramental *low tech* e energia humana; estas são algumas das áreas de atuação do laboratório.

2. DOIS ESTUDOS DE CASO (DUAS VIVÊNCIAS CONSTRUTIVAS)

Para transferência das técnicas, o LILD tem a prática de formar parcerias com instituições e comunidades que apresentem um contexto relevante para a pesquisa nele desenvolvida.

Dentre estes contextos relevantes está o espaço Bichinho do Mato, que realiza atividades de recreação aos fins de semana e colônia de férias, ambas atividades com a intenção de promover educação ambiental e noções de sustentabilidade. Este cenário se torna relevante justamente pela possibilidade de observar uma metodologia desenvolvida em um laboratório de pós-graduação em atividades voltadas para crianças pequenas em idade para freqüentarem o ensino básico. Além de ter uma relação prévia com pesquisadores do LILD, que em outras ocasiões realizaram atividades diretamente relacionadas com a pesquisa do LILD tais como colheita de bambu e outras oficinas de construção, o espaço conta também com pessoas engajadas e materiais disponíveis em abundância.

Os dois estudos de caso descritos neste artigo ocorreram neste espaço em momentos distintos com a mesma motivação; construir um espaço lúdico em conjunto com as crianças freqüentadoras do espaço enquanto se aprende a construir.

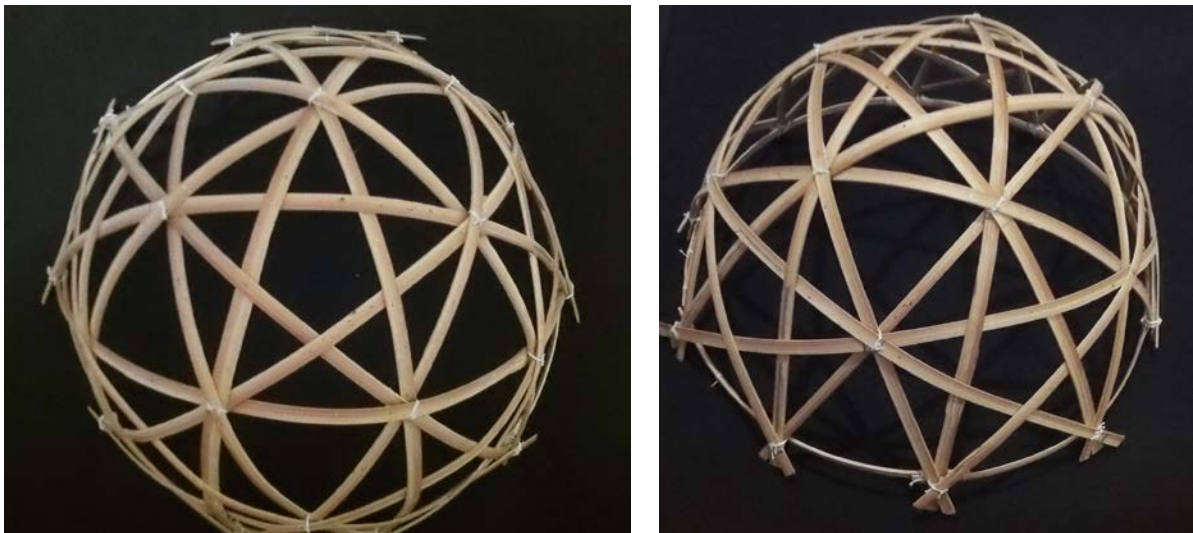
2.1 O domo estrela de bambu e barro como uma oca para as crianças

Em janeiro de 2011, foi proposto ao LILD, através do primeiro autor deste artigo, o desenvolvimento de um projeto de uma “oca”, uma construção onde as crianças pudessem se abrigar, se esconder, se reunir, brincar. A partir daí iniciou-se uma busca pela forma e

pelos materiais e técnicas que poderiam ser utilizados na construção desta chamada “oca”. A proposta é que esta obra fosse construída durante as duas semanas de colônia de férias, junto com os monitores e as crianças do Bichinho do Mato.

Em diversas partes do mundo, existiram e ainda existem abrigos, construídos por seus habitantes, mas com uma forma peculiar que se mantém mesmo em condições climáticas extremas e mesmo sendo construídos com materiais diferentes em cada local. Essa forma, que não é gratuita e define não só a estrutura, como o conforto ambiental da moradia, é o domo geodésico ou a hemisfera (Campos, 2009).

A partir daí foi iniciada uma busca sobre uma forma simples e diferente de construir domos geodésicos, uma especialidade do LILD. Foi encontrada uma solução que é conhecida como “domo estrela”, um domo geodésico formado por círculos máximos que pode ser facilmente construído com peças longas de material forte e flexível como o bambu. Foi construído um modelo com tiras bem finas de bambu para testar a resistência da forma, entender o processo de montagem e conhecer melhor a estrutura em si (figuras 3 e 4).



Figuras 3 e 4. Modelo do domo estrela visto de cima e em perspectiva (Acervo do LILD)

Para entender melhor o conceito dos círculos máximos, é necessário saber primeiro o que é uma linha geodésica que é o menor espaço entre dois pontos numa superfície. No caso de uma superfície curva, esta linha também será uma curva. Em se tratando de uma superfície esférica, essa linha será uma curva que faz parte de um círculo, como por exemplo a Linha do Equador ou os meridianos que dividem a Terra, que por sua vez descreve um plano que contém o centro da esfera. Esses círculos são denominados círculos máximos ou grandes círculos (Lotufo; Lopes, 1982).

Com base nestes dados foi projetado um domo estrela com um metro e meio de altura e três metros de diâmetro. Para isso seriam necessárias 17 peças de 4,71 metros de comprimento, que comporiam estes círculos máximos da estrutura primária. O material escolhido para esta função foi a ripa de bambu do tipo *Bambusa vulgaris*, facilmente encontrado localmente. Para a estrutura secundária, que faria a função de diminuir os vãos da estrutura primária, foi escolhido o bambu do tipo *Bambusa tuldoides*, também em formato de ripa e também amplamente disponível no espaço da construção (figuras 5, 6 e 7).



Figuras 5, 6 e 7. Estruturas primária e secundária de ripas de bambu (Acervo do LILD)

Com a forma definida e as estruturas primária e secundária construídas, foi possível iniciar a etapa de barreamento da estrutura. A terra utilizada neste projeto foi coletada no próprio local através de um buraco cavado no solo. Foi separada a camada superior, rica em matéria orgânica e utilizada apenas a terra que estava abaixo desta primeira camada. Esta foi devidamente peneirada para que fossem retiradas pequenas impurezas como pequenas pedras, galhos e folhas, e posteriormente hidratada um dia antes de ser utilizada.

Para facilitar o barreamento da estrutura, feito coletivamente com monitores e crianças da colônia de férias, foram usados sacos de juta normalmente utilizados para o transporte de alimentos. Estes sacos foram abertos para que se transformassem em planos e pudessem ser impregnados com o barro.

A atividade foi iniciada com o pisoteio da terra já hidratada, junto com as crianças para que a massa apresentasse características uniformes como nível de hidratação, maleabilidade, pregnância ao tecido de juta. Após o pisoteio os pedaços de tecido foram impregnados com o barro pronto e aplicados cuidadosamente sobre a estrutura de bambu e mantidos esticados através da dobragem das bordas de tecido sobre as ripas de bambu. (figuras 8, 9 e 10).



Figuras 8, 9 e 10. Pisoteio e aplicação do tecido de juta barreado (Acervo do LILD)

Antes da aplicação das diversas camadas de juta impregnada por barro, foram determinados alguns locais na superfície da estrutura para que não fossem preenchidos, deixando vazios que serviriam como portas, janelas e locais para entrada de luz. Aos poucos a superfície foi sendo preenchida e ganhando forma. Depois que a oca estava toda coberta foi observado que ainda existiam alguns pequenos pedaços na superfície da construção que ainda não estavam preenchidas, estas partes tinham formato quadrado, pois eram unidades da trama de juta que não foram impregnados e precisavam ser fechados.

Todos os dias as crianças tinham atividades programadas na colônia de férias e, no meio desta programação tinham uma hora reservada para a atividade de construção da oca. Durante estes dias foi possível observar uma progressiva aproximação das crianças com os

materiais envolvidos como o bambu e o barro, especialmente em tarefas como o pisoteio do barro, onde no primeiro dia alguns não quiseram participar por diversos motivos como não querer se sujar, ou por não gostar do barro como afirmava uma criança mais relutante que ainda tentava convencer as outras a não participar das atividades. Porém foi observado que a mesma criança nos outros dias de atividade não se distanciava do grupo, ao invés disso ficava bem próxima desencorajando as outras afirmando que o barro era, segundo ela, nojento e sujo. Com o passar dos dias a mesma criança foi cedendo aos pedidos e convites de monitores e outras crianças e, no último dia, surpreendeu a todos participando do pisoteio e da aplicação das camadas de juta impregnadas com barro e aparentemente se divertindo bastante com as outras crianças.

Também foi observado com outros participantes que alguns tinham o cuidado de fazer a aplicação do tecido de juta com barro exatamente como foi ensinado, corrigindo outros participantes que tentavam fazer a mesma tarefa de outra maneira, o que poderia comprometer o resultado final da oca. Após o término do barreamento de toda a superfície da construção as crianças puderam celebrar o fim da obra dançando em volta dela, entrando e brincando no seu interior (figuras 11 e 12). Na semana seguinte, após a secagem do material, foi aplicada uma camada impermeabilizante de resina poliuretana de origem vegetal (resina de mamona) para que a construção tivesse uma maior vida útil, pois ficaria exposta às intempéries (figura 13).



Figuras 11, 12 e 13. Celebração de fim da obra e oca impermeabilizada (Acervo do LILD)

2.2 Tetraedros e paraboloides hiperbólicos como superfícies que abrigam

Em Outubro de 2011 aconteceu no bairro de Vargem Grande, situado na zona oeste da cidade do Rio de Janeiro o III Festival de Gastronomia e Artes das Vargens. Um dos espaços que participaram do evento foi o Bichinho do Mato, colônia de férias infantis que tem como princípio promover educação ambiental e noções de sustentabilidade.

Por ocasião deste evento foi realizada uma oficina de bioconstrução com as técnicas de estruturas de bambu, rede de cabos e fibrobarro, e nesta oficina foi iniciada a construção do objeto que compõe o presente estudo de caso.

Para programar as atividades da oficina, foi levada em conta a relação entre o conteúdo técnico a ser experimentado e o tempo disponível para isso. Essa relação foi o primeiro parâmetro para a geração da forma. Essa relação demonstrava que o objeto deveria ser de execução simples e rápida. Em termos estruturais a forma autoportante mais simples que existe é o tripé. Escolheu-se então utilizar dois tetraedros como unidades básicas estruturais da construção.



Figuras 14. Miniatura desenvolvida para obtenção da forma da construção (Acervo LILD)

O próximo parâmetro para a construção foi que as dimensões finais do objeto seriam definidas em conjunto com os participantes da oficina, apenas a forma foi definida antes da oficina através da confecção de uma miniatura (figura 14).

A miniatura serviu como material didático e guia de demonstração das técnicas de estruturas de bambu e composição de redes de cabos, a técnica de fibrobarro não estava representada nesta miniatura.

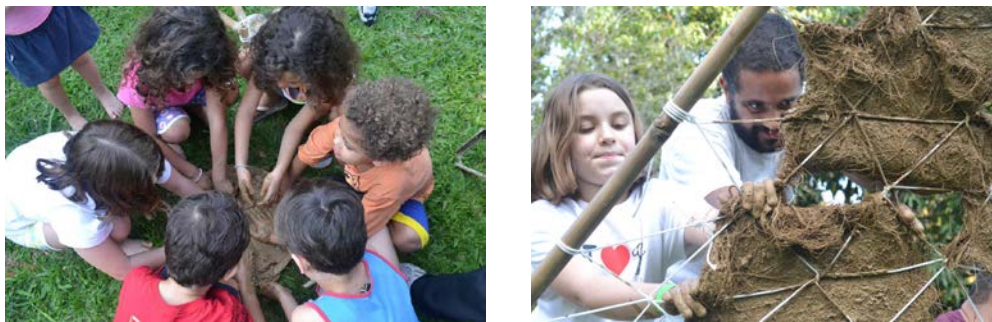
Para a construção foram utilizados bambus (*Bambusa tuldooides*) colhidos no próprio local, semanas antes da data da oficina para melhor secagem. A oficina contou com uma variedade de público bem interessante, tendo desde crianças de quatro anos até idosos de mais de sessenta e cinco anos de idade, o que foi muito interessante do ponto de vista metodológico, pois pudemos observar que essa diversidade não foi um empecilho para a atividade, pelo contrário, a troca foi muito ativa contando com contribuições de quase todas as pessoas presentes (figura 15).

Após a montagem das estruturas de bambu foi feita a trama de cabos em um dos dois módulos constituintes que serviria de suporte para as lâminas de fibrobarro (figura 16). Até esse ponto tivemos somente adultos participando da experimentação enquanto as crianças estavam pelo espaço em atividades dirigidas diretamente a elas e só vieram participar da construção no momento de preparo e aplicação das lâminas de fibrobarro.



Figuras 15 e 16. Demonstração da primeira unidade estrutural e estrutura com trama de cabos. (Acervo LILD)

As lâminas de fibrobarro são feitas sobrepondo consecutiva camadas de barro em estado bem plástico e finas camadas de fibra de sisal desfiadas para cada camada de barro pelo menos três camadas de sisal (figuras 17 e 18).



Figuras 17 e 18. Crianças processando o barro e aplicando as lâminas. (Acervo LILD)

Ao final da oficina, após a aplicação parcial de fibrobarro sobre a trama de cabos, os dois módulos receberam uma cobertura feita com uma lona de algodão cru, tingida naturalmente com açafreão que foi resultado de oficina que ocorreu paralelamente à de construção (figura 19).



Figura 19. Resultado final da oficina. (Acervo LILD)

A construção teve continuidade meses depois, em janeiro de 2012, como parte integrante da colônia de férias escolares que ocorreu no espaço. Nessa etapa a construção recebeu um acréscimo de elementos estruturais para constituição de uma cobertura permanente com uma casca de fibrobarro. Esses elementos uniram os dois módulos, tornando a construção um elemento estrutural único onde, a aplicação de cargas se distribui por toda a estrutura.

Mais uma vez as crianças participaram somente da etapa de aplicação de fibrobarro, e estiveram envolvidas em atividades direcionadas a elas na colônia enquanto a estrutura de bambu era produzida por uma pequena equipe de montagem (figuras 20 e 21).



Figura 20 – Processamento de barro para confecção de lâminas de fibrobarro (Acervo LILD)
. Figura 21 – Estrutura ampliada e casca de fibrobarro. (Acervo LILD)

Observamos que a metodologia aplicada no LILD é replicável em situações muito diversas ao da pesquisa, sendo de fácil assimilação e interação.

A utilização de materiais de simples obtenção extraída do próprio local e de ferramentas ativadas pela energia humana permitiu as pessoas envolvidas nos dois eventos uma interação muito intensa onde a função de educador era desempenhada cada hora por uma pessoa diferente. Num primeiro momento um dos pesquisadores do LILD demonstrava, por exemplo, a maneira de executar um nó e no momento seguinte aquele que já tivesse compreendido a técnica repassava essa noção para outro que não tivesse compreendido ainda. Essa prática fixa o conhecimento experimentado que deixa de ser uma noção teórica passando a ser uma noção operante.

Outro aspecto derivado desses materiais que pôde ser observado foi que noções espontâneas ocorrem durante a interação. Citando como exemplo o momento em que uma das crianças que mexia com a terra encontrou uma minhoca (figura 22). Reações de nojo e curiosidade se manifestaram em todos. A simples presença dessa forma de vida desencadeou uma explicação sobre noções da cadeia alimentar e o papel fundamental que a minhoca desempenha para a nutrição dos solos e das plantas. A noção de sistema integrado por todos os seres vivos também acabou sendo tema abordado. Porém cabe ressaltar que nada disso havia sido planejado como sendo conteúdo das experimentações, que focavam nas técnicas anteriormente descritas, sendo assim percebemos que esses materiais e técnicas possuem essa dimensão espontânea que não pode ser prevista em projeto, daí a necessidade de aprender fazendo, explorando os materiais, as técnicas e seus limites.



Figura 22 – Criança brincando com uma minhoca, elemento espontâneo da interação com a terra viva. (Acervo LILD)

3. REFLEXÕES E CONCLUSÕES

Observou-se que o método de aprendizado pela interação material se demonstra muito eficiente em contextos de aprendizado variados, tanto em público quanto em conhecimentos transmitidos. A investigação em formas espontâneas da natureza e materiais ordinários de fácil acesso ou que se apresentam disponíveis nos locais das construções traz também conteúdos e noções que ocorrem espontaneamente durante suas interações.

Alguns desses conteúdos emergem justamente nas interações interpessoais que ocorrem nas experiências de aprendizado. Isso é facilitado pela utilização de ferramentas ativadas pela energia humana que, ao contrário de máquinas elétricas, são silenciosas. Algumas noções são debatidas e confrontadas entre os participantes, e nesse debate essas noções ganham novos contornos que as redefinem.

Outra característica observada é a facilidade de assimilação por serem técnicas que não exigem conhecimentos prévios para serem aprendidas e com isso tomada de responsabilidade por parte dos participantes das oficinas em relação a esses conhecimentos técnicos. Algumas pessoas com facilidade maior que outras para assimilação das técnicas, logo que entendem o procedimento técnico, passam a ensinar ou demonstrar aos outros esses procedimentos e essas relações lado a lado evitam o ensino de bancada onde o aprendiz não interfere no conhecimento aprendido.

E por último é interessante observar o resgate de técnicas tradicionais à luz da ciência contemporânea, que adapta e contextualiza essas técnicas ao cenário atual.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Campos, D.M. (2009). Design de estruturas reticuladas de bambu geradas a partir de superfícies mínimas. Rio de Janeiro: Dissertação de mestrado em Design, DAD, PUC-Rio.

Illich, I. (1976). A convivencialidade. Lisboa: Europa-América.

Lotufo, V.M. e Lopes, J.M.A. (1982) Geodésicas e Cia. São Paulo: Projeto Editores Associados LTDA.

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 Living Design – 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.

Daniel Malaguti Campos. Doutorando em Design PUC-Rio, Mestre em Design (PUC-Rio, 2009), Graduação em Desenho Industrial (EBA/UFRJ, 2006). Pesquisador do Laboratório de Investigação em Living Design – LILD, vinculado ao Programa de Pós-graduação em Design do Departamento de Artes e Design da PUC-Rio. Professor Agregado do DAD, PUC-Rio.

Tiago de Paula Souza. Mestrando em Design PUC-Rio, Graduação em Desenho Industrial (EBA/UFRJ, 2010), Técnico em edificações (CEFET-RJ). Pesquisador do Laboratório de Investigação em Living Design – LILD, vinculado ao Programa de Pós-graduação em Design do Departamento de Artes e Design da PUC-Rio.



A EXPERIÊNCIA DE ENSINO DE PRÁTICAS VINCULADAS À ARQUITETURA E CONSTRUÇÃO COM TERRA NA DISCIPLINA DE PÓS-GRADUAÇÃO DA PUC-MINAS, CAMPUS DE POÇOS DE CALDAS

Parisi, Rosana S.B.¹; Rodrigues, Raymundo²; Hoffmann, Márcio V.³

- (1) Arquiteta e Urbanista, Professora Adjunta III – Instituto de Ciências Sociais, Curso de Arquitetura e Urbanismo do campus de Poços de Caldas, PUC-Minas, Av. Pe. Francis Cletus Cox, 1661, s.130, prédio 01, CEP37701-355, Poços de Caldas, MG, + 55 35 3729.9214 e e-mail rosanaparsi84@gmail.com
- (2) Arquiteto e Urbanista - Oikos Conservação e Restauro, Centro, Instituição, endereço +55 24 8115.1275 e e-mail raymundo@oikos.arq.br
- (3) Arquiteto e Urbanista - Sócio-proprietário da FATO Arquitetura e da TAIPAL projetos e construções com terra, endereço, + 55 (19) 3433.1573 e e-mail marcio@fatoarquitetura.com.br

Palavras-chave: Adobe, taipa, técnicas mistas, conservação, formação, sustentabilidade

Resumo

O trabalho apresenta a análise sobre aulas teórico-práticas de técnicas mistas e taipa de pilão ministradas durante a disciplina “Tecnologias para vedação e pintura de edificações com o emprego de terra” – partes I e II do Curso de Pós-Graduação Lato Sensu “Habitat Sustentável e Eficiência Energética” da PUC-Minas, campus de Poços de Caldas-MG. Tal proposta, apresentada em dois módulos distintos e momentos diversos, reuniu os alunos matriculados neste Curso de Pós-Graduação, assim como alguns graduandos do Curso de Arquitetura e Urbanismo da referida universidade, quando, em sala de aula, foi possível apresentar as experiências e trabalhos desenvolvidos pelos professores ministrantes, e em seguida realizar oficinas de demonstração das técnicas de construção com terra, com a intensa participação dos envolvidos. Esta comunicação discute a experiência e seus desdobramentos, principalmente no âmbito da formação e divulgação das técnicas de construção com terra como um caminho viável a ser implantado definitivamente nos cursos de Arquitetura e no mercado da construção civil. O trabalho pretende discutir também a questão da sustentabilidade possível com o uso desses materiais e por meio das relações de trabalho que se estabelecem. Deseja ainda suscitar o surgimento de outras práticas dessa natureza em outras escolas do país, 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.

INTRODUÇÃO

Ainda não é comum fazer com que a arquitetura e construção com terra seja reconhecida e divulgada pelo Brasil. Apesar disso, ao longo das décadas recentes, a disseminação tornou-se mais presente através das diversas formas de expressão: em cursos isolados, oficinas e workshops, assim como em seminários e eventos de caráter local, regional, nacional e/ou internacional. Acredita-se, porém, que é verdadeira a afirmação de Pinto (2005) que diz que “contrariando a vontade das grandes construtoras será a necessidade dos povos (e do planeta Terra) a relocar a terra (material de construção) no seu pleno lugar de direito. Todas as características deste material colocavam-no em contradição com o século que passou: o esbanjamento de energia barata minimizava a sua característica de bom material térmico e higrométrico, bem como o fato de estar sempre próximo ao local onde é necessário e a ideia de construções em altura reduzia a sua eficácia nos planos urbanos de então”. Poucos anos se passaram e atualmente, em função da soma de fatores que relaciona as alterações no meio ambiente, o incremento populacional e a possibilidade crescente do esgotamento de recursos, é possível contemplar as mudanças relativas aos modos de construir, afetando organismos e instituições, fomentando reflexões, disciplinas e experiências de diversas naturezas onde as práticas de construção com terra, legados de uma tradição construtiva ancestral, reconquistam o seu devido valor.

A história da arquitetura e construção com terra é antiga. A origem desse material como sistema construtivo remonta a um longo e antigo período que pode ser determinado entre 7 a 10.000 anos (Parisi, 2008). Há relatos de adobes de 5.000 A.C. Tem-se exemplos no Oriente, na Ásia, muitos no norte da África, ou na Europa e alguns, já mais recentes, nas Américas.

Diversos autores apontam a terra como uma forte opção como resolução construtiva para habitações, sendo que os processos construtivos, em sua grande maioria, contam com um alto grau de intuição para a sua produção e – aqueles que já contam com um acúmulo tecnológico – são facilmente apreendidos pelos trabalhadores da construção civil. Além disso, a maior parte da população do planeta, praticamente 2/3, vive em casas construídas com terra, o que mostra a nítida vocação do emprego desse material para as habitações, segundo afirmam autores como Milanez (1958), Dethier (1986) e Minke (2005), entre outros.

Porém, e principalmente, na formação de novos construtores com terra, é necessário que se tomem alguns cuidados. Existem ainda várias questões a serem mais bem estudadas quando se fala sobre construção com terra. Uma temática de relevante importância é a adoção da terra como a solução patente para a resolução de todos os problemas de déficit construtivo no planeta. É necessário cautela ao se afirmar coisas como esta, já que o problema está muito mais relacionado ao acesso a terra e aos fundos públicos. Deve-se evitar confundir as conquistas políticas com o fetiche da técnica. A arquitetura com terra apresenta-se como uma possibilidade construtiva, e não como uma panacéia para as questões de habitação de interesse social.

Outra questão importante é saber respeitar as intrínsecas relações que existem entre o meio, os participantes da construção e os materiais e técnicas empregados para a sua materialização. Não é em qualquer lugar e situação que se pode fazer da terra uma ótima solução para a construção. Há uma premissa inicial muito importante para a escolha da técnica de construção que é a análise de sítio e de conhecimentos pregressos daqueles que são os agentes e atores da construção em questão. Não se pode definir que a técnica ideal será a de uma edificação em que houve o emprego da terra sem que se tenha definido, nesta análise, que esta é a solução ideal e melhor apropriada ao contexto local.

CRÍTICA À FORMAÇÃO

No decorrer da história da arquitetura, o arquiteto foi se afastando cada vez mais do canteiro de obras, separando o ato de projetar do de construir. Esse caminho foi conduzido até a atualidade, onde o arquiteto ficou alienado aos processos construtivos convencionais e refém dos modelos, dos materiais industrializados e das bitolas existentes no mercado. Hoje, a formação do arquiteto leva a um profissional que pouco reflete e cria soluções inovadoras e condizentes às construções mais sustentáveis e menos impactantes.

O ato de projetar, que em sua concepção original deveria ser um processo pleno, de perfeita união entra a arte e a técnica, entre a filosofia e a estrutura, onde as memórias e os conhecimentos pregressos de cada agente deveriam contribuir na formação do novo, foi condicionado a ser mantido em um desenho hermético, elaborado através de processos computacionais, gerando imagens sofisticadas na tela do computador.

Essa aparente evolução dos sistemas construtivos, onde a indústria fornece os produtos prontos e a criação do espaço tornou-se uma linha de produção com etapas desconexas é iniciada com a demanda do mercado imobiliário, passando pelo arquiteto especificador, depois pelos engenheiros que irão detalhar a concepção estrutural, arquitetos que irão conceber o projeto executivo, que nada a tem a ver a boa qualidade arquitetônica, até chegar às empreiteiras para então, finalmente, ser entregue ao mercado consumidor. Certamente esse conjunto de fatores é a causa do empobrecimento da paisagem edificada.

Assim a particularização disfarçada de especialização nega a concepção generalista da arquitetura e mutila a formação profissional do arquiteto. Esse sistema de produção do

espaço, além de restringir a participação do arquiteto e de todos os outros profissionais, engenheiros e construtores envolvidos no processo, aliena todos aqueles que usam e circulam por esses espaços. Neste contexto cria-se, além de uma arquitetura pobre e sem repertório construtivo, uma população sem condições de refletir sobre a qualidade dos espaços e com pouquíssima, ou mesmo, sem nenhuma capacidade de crítica.

Para reverter tal situação, faz-se necessário aproximar o arquiteto dos outros profissionais envolvidos na produção do espaço, trazendo engenheiros e construtores para mais próximos da fase da concepção do projeto. Outro fator preponderante é incentivar a volta do arquiteto para o canteiro de obras. É necessário fazer com que os profissionais envolvidos na materialização de uma obra entendam-se como corpo, onde ocorrem processos de análise, discussão e produção em prol de uma identidade construtiva, de uma concepção onde projeto de arquitetura, projetos complementares e execução de obra são peças constituintes e essenciais para a qualidade do espaço, e, em última análise, da arquitetura.

Então fica clara a importância de, na formação do arquiteto, serem oferecidos cursos que o levem ao cotidiano do canteiro de obras, pois será por meio das constatações realizadas sobre os detalhes dos processos construtivos, das surpresas e problemas surgidos durante o ato de construir que o arquiteto pode evoluir de um conhecimento parcial aprendido em sala de aula, ou através de leituras, para um conhecimento pleno. Faz-se também necessário que nesse canteiro, para proporcionar um constante aprendizado, deve-se utilizar uma técnica em que não esteja tudo pronto com elementos standardizados. Deve-se empregar uma técnica onde a variabilidade seja intrínseca à mesma, pois só assim os desafios serão formadores do conhecimento pleno do processo de construção, que propiciará ao aluno, ao construtor e aos envolvidos a possibilidade de compreensão e crítica de qualquer sistema. Sabe-se que a arquitetura de terra, através da diversidade de seus sistemas construtivos é ideal para isso.

É insuficiente para o entendimento das relações necessárias e constantes no complexo acontecimento dos fenômenos criativos do arquiteto, o ambiente neutro e passivo da prancheta. É no canteiro experimental que ocorrerão as constatações, ou até as “surpresas” que sugerem novas soluções. Com o uso da terra como “disparador” desta curiosidade, esta experimentação tenderá a ser mais completa (Minto, 2009).

Ao tratar, desde a concepção do projeto, de suas especificações até efetivamente a construção com os sistemas construtivos em terra, o arquiteto e/ou alunos serão obrigados a refletir integralmente sobre os processos construtivos, pois irão trabalhar com um produto sem especificação, sem medidas exatas, obrigando-se a descobrir os próprios limites do material que estão manuseando.

PEDAGOGIA

Fazer arquitetura, muito mais do que elaborar um projeto, um desenho ou o mais completo planejamento de uma obra, é tomar todas as medidas necessárias para chegar até a coisa construída, edificada de maneira sólida. A arquitetura, entendida como coisa construída, se comunica com o ambiente em que está inserida e com todos aqueles perpassam por ela. Assim, os autores têm a responsabilidade sobre esse objeto e sobre seu significado e devem ser capazes de participar e explicar sobre todos os processos que possibilitaram a sua materialização.

O ensino universitário promove a transferência dos conhecimentos importantes do período vigente. Hoje, em sua maioria, as escolas de arquitetura passam aos alunos uma enorme quantidade de informação disponível no mercado, desde o conhecimento sobre os softwares de projeto até o comportamento dos mais diversos materiais e sistemas. Mas, por motivos que não cabem a discussão nesse artigo, abandonam a experimentação prática em canteiros de obra e concentram suas atividades exclusivamente em disciplinas teóricas e/ou na atividade de projeção.

Partindo da premissa do quanto é fundamental a experimentação prática é que dentro desse contexto surgiram as disciplinas “Tecnologias para vedação e pintura de edificações com o emprego de terra” – partes I e II dentro de um Curso de Especialização da PUC-Minas, campus de Poços de Caldas, no Curso de Pós Graduação Latu-sensu "Habitat Sustentável e Eficiência Energética".

O Curso de Especialização onde tais disciplinas estão inseridas está implantado no mencionado campus da PUC-Minas, em Poços de Caldas, desde março de 2011. É constituído por um corpo docente multidisciplinar dentre os quais encontram-se arquitetos, engenheiros civis, engenheiros ambientais, geógrafos, designers e permacultores, entre outros, vinculados ou não à referida universidade. Embora tenha sido ofertado para profissionais das mais diversas áreas, atuando junto das prefeituras e instituições da região, o corpo discente dessa primeira turma é formado apenas por arquitetos provenientes de cidades do sul do estado de Minas Gerais e nordeste do estado de São Paulo, distantes cerca de 200 km do campus de Poços de Caldas. As disciplinas são ministradas em módulos de 15 horas-aula, ofertados na universidade a cada 15 dias, nas sextas-feiras e sábados durante todo o dia.

Este curso de Pós-Graduação recebeu tal denominação pelo motivo da carência de profissionais com experiências relativas à eficiência energética, ao conhecimento das denominadas "construções verdes e/ou construções ecológicas", aos impactos da construção sobre o meio ambiente, à análise do ciclo de vida das construções, ao emprego das técnicas não convencionais nas edificações de modo em geral a fim de que os mesmos reflitam, atuem e disseminem posturas diversas àquelas geralmente encontradas, sobre o que se discutiu nos tópicos Crítica à formação e Pedagogia, anteriormente apresentados. Como objetivos conforme o projeto pedagógico do curso, espera-se que seja possível que o mesmo, conforme Fricke e Parisi (2011), “instrumentalize os profissionais através da complementação da formação para adquirir as habilidades necessárias em relação aos conceitos que fundamentam o planejamento e projeto de edificações e intervenções urbanas sustentáveis, com eficiência energética e responsabilidade social”. Além disso, espera-se que os envolvidos estudem as bases conceituais para projetos de arquitetura e urbanismo sustentável e eficiência energética, tão necessários e caros nos dias atuais. Ao mesmo tempo, estudem os materiais de construção, sistemas e tecnologias construtivas para a aplicação em edificações utilizando recursos naturais e ambientais, assim como estejam envolvidos na criação de um canteiro de obras para registrar a construção, de alguns exemplos de tecnologias sustentáveis através de oficinas e workshops, tais como alvenarias, telhado verde vivo, aproveitamento da água das chuvas, e outros de acordo com o interesse. Por último, espera-se que através desse curso seja possível formar pesquisadores e produzir documentos técnico-científicos dentro da temática Habitat Sustentável e Eficiência Energética, além de analisar projetos de edificações e intervenções urbanas em que houve a aplicação dos conceitos de sustentabilidade e eficiência energética, buscando em suas matrizes caminhos para intervenções que gerem menores impactos em centros urbanos já consolidados.

Dentro da referida proposta foram convidados dois professores, autores da presente comunicação, para apresentar a arquitetura e construção com terra com o uso de técnicas mistas e taipa de pilão. No início, pretendia-se apresentar as principais técnicas de construção com terra que vieram para o Brasil desde o período colonial. Porém, percebeu-se que tal proposta demandaria a realização de outros módulos, que não foram possíveis de ser ofertados para a primeira turma em curso. Assim, os módulos propostos foram ministrados nos meses de maio e junho e contaram, cada um, com 5 horas de aula teórica e 10 horas de aula no canteiro, onde os alunos foram colocados perante as atividades práticas de construção com o uso da terra.

Durante o módulo 1 ou parte 1 foi apresentada uma fundamentação teórica que abordou os seguintes temas: histórico das construções em terra no Brasil e no mundo, o patrimônio edificado em terra. O uso da terra como material de construção. Panorama brasileiro.

Tecnologias com o emprego da terra: a taipa de mão, a taipa de pilão, adobe, BTC. O emprego de BTC no Brasil e suas potencialidades. Ensaios com a terra. Fabricação de BTC e suas aplicações. Apresentação de estudos de caso na atualidade.

Os participantes foram sensibilizados e se envolveram tanto neste módulo quanto no subsequente. De todo o grupo, constituído por cerca de 20 participantes, apenas um dos alunos havia participado, durante seu período de graduação, de pesquisa em que houve a abordagem de alguma das técnicas de construção com terra. Para os demais, embora já tivessem conhecimento do assunto, o manuseio da terra soava como novidade curiosa, envolvente e produtiva, como pode se observar nos relatos a seguir apresentados:

"Enfie o pé e a cabeça na terra. Os professores amam a terra e transmitiram essa paixão para nós". (Paula, M.C. Nassif, graduada em arquitetura há 3 anos). "Gostei muito das atividades propostas, mas acredito que as técnicas com o emprego da terra ainda são estigmatizadas pela população de forma em geral", (Matavelli, A.L, graduada em arquitetura há 3 anos).

Através das figuras 1 e 2 apresentadas a seguir, observam-se o processo de interação dos alunos durante a experiência de canteiro proposta durante a realização do 1º módulo.



Figuras 1 e 2. Preparo da mistura para confecção de adobes; preenchimento de painel de taipa-de-mão (Créditos: Junqueira; Miranda, 2011)

No módulo 2 primeiramente foram mostrados as diversas técnicas construtivas que usam a terra como principal material de construção e discutido como deve ser feita a escolha por cada sistema, sempre ligada ao tipo de solo disponível e a cultura construtiva de cada região.

Em seguida, foi discutido em que momento da história surgiu a construção com terra. Foi também apontado para os alunos como a relação do homem com a terra sempre foi familiar e intrínseca a construção. Essa abordagem foi importante para quebrar alguns mitos sobre as construções com terra e incitou os alunos a se despirem de velhos preconceitos. Depois foram apresentadas as mais diversas soluções construtivas e expressões estéticas encontradas em monumentos espalhados por todo o mundo como as ruínas do Morro de Mezquitilla ou a fortaleza em Baños de la Encina na Espanha, os remanescentes da cidade de Chan Chan no Peru e as diversas construções bandeiristas no Brasil. Essas imagens permitiram aos alunos começarem a imaginar novas arquiteturas de terra.

Então, isentos de preconceitos e apresentados às possibilidades construtivas com os mais belos monumentos, iniciou-se a discussão dos motivos e das necessidades de se construir com terra, sempre apoiados fortemente pelos conceitos da sustentabilidade, e das características do material. Nesse momento foi importante tratar de conceitos que deveriam ser debatidos sobre todos os materiais, infelizmente esquecidos por grande parte dos cursos de arquitetura. Um desses conceitos apresentados foi a discussão de como o desenho deve ser abordado, sempre procurando ser o mais indicado segundo os parâmetros de

engenharia, segundo as questões relacionadas à produtividade e ao desempenho de um sistema construtivo.

No final da aula teórica, depois de apresentadas as características da taipa de pilão, foi solicitado aos alunos que projetassem os bancos que seriam executados na parte prática da disciplina. Essa atividade foi importante para provocar todas as reflexões e dúvidas que surgem ao projetar com um material sem bitolas pré-definidas ou tamanhos estandardizados.

Durante as aulas práticas, foi permitido aos alunos enfrentarem todas as dificuldades inerentes a qualquer obra e perceberem a importância do desenho como desígnio de toda a série de atividades necessárias para a construção de um espaço.

"Experiência fascinante no sentido de que se pode aliar a terra e os recursos tecnológicos durante o processo de execução da taipa". (Vieira, L., 10 anos de formado).

Através das figuras 3 e 4 percebem-se momentos de execução dos bancos de taipa de pilão.



Figuras 3 e 4. O processo de preparação da terra e a montagem das formas para a execução dos bancos de taipa-de-pilão (Crédito: Parisi, 2011)

O local onde os mesmos estão implantados no campus da PUC-Minas, próximo da Biblioteca, tornou-se mais recentemente um espaço externo bastante frequentado pelos alunos e usuários da referida biblioteca.

Outro aluno, Soares, L.N., graduando do Curso de Arquitetura, ex-bolsista de projeto de uma pesquisa na universidade, comentou sobre sua participação: "seguramente a partir dessas experiências, a minha forma de projetar e de ver a Arquitetura mudou. A gente aprende muito com os trabalhos em canteiro, acho que tudo isso irá representar um diferencial em meu currículo quando sair daqui da PUC-Minas".

Realizando-se um balanço dos dois momentos em que foram ministradas as disciplinas vinculadas à arquitetura e construção com terra no âmbito da PUC-Minas, Poços de Caldas, pode-se perceber que para os alunos do curso de Pós-Graduação a experiência foi instigante e ao mesmo tempo reveladora e esclarecedora. A maior parte desses alunos nunca tinha tomado contato com as práticas de construção com terra e perceberam ser este um caminho interessante para as chamadas "arquiteturas mais sustentáveis e menos impactantes". Ao mesmo tempo, percebeu-se que há certo grau de temor e desinformação dos mesmos, pois, quando foram questionados se empregariam as técnicas construtivas em terra em suas obras, ora responderam por que ainda não tinham informações suficientes, ora atribuíram sua resistência ao emprego dessas técnicas por falta de mão de obra preparada, capacitada e efetivamente habilitada para produzir obras com qualidade técnico-construtiva.

EXPERIÊNCIAS DIVERSAS RELATIVAS À ARQUITETURA E CONSTRUÇÃO COM TERRA NO PAÍS.

Quando se procuram informações a respeito das formas práticas de disseminação da arquitetura e construção com terra no Brasil, percebe-se que há maneiras distintas de sua apresentação:

a) A mais comum, através de cursos isolados vinculados à algumas ONGs ou OCIPs ou vinculados a Institutos que tratam de temas como Educação Ambiental, Permacultura, Bio-Arquitetura, Associações e entidades de caráter privado. Via de regra, esses cursos são ofertados em módulos curtos que duram em torno de 20 a 30 horas, realizados em finais de semana ou feriados.

b) Há também cursos de maior duração, também de caráter privado, que duram em torno de 4 dias até uma semana, realizados por Institutos que trabalham as ecotécnicas, a Bio-Arquitetura, ou a Permacultura. Dentre esses cursos é possível se destacar, dentre os mais conhecidos o Bioconstruindo, realizado no Instituto de Permacultura do Cerrado, em Pirenópolis ou os cursos realizados pelo Tibá em Bom Jardim, próximo à Niterói, no estado do Rio de Janeiro.

c) Há ainda os cursos de curta duração ofertados durante Semanas da Arquitetura, Encontros Regionais ou Nacionais de Estudantes de Arquitetura, que ainda de forma superficial, mas que de alguma maneira envolvem os alunos de graduação em experiências práticas de canteiro de obras a exemplo das Oficinas realizadas pela Universidade São Francisco, campus de Itatiba, sobre pintura à base de terra no Quilombo Brotas assim como uma oficina realizada durante o Encontro Regional de Estudantes de Arquitetura-EREA Leste, realizado na Fazenda Lambari em Poços de Caldas, como pode se observar nas figuras 5, 6, 7 e 8.



Figuras 6 e 7. Momentos de preparação da terra para a produção de tintas e a finalização da pintura da parede em uma casa do Quilombo Brotas, próximo de Itatiba-SP (Crédito: Fricke, 2008)



Figuras 7 e 8. Aspectos da Oficina sobre arquitetura de terra realizada durante o EREA-Poços, em 1º de maio de 2009 (Crédito: Tramontina, 2009)

d) Por último, existem as experiências vinculadas às universidades, apresentadas como partes de disciplinas ou durante eventos específicos como o NUTAU, workshops temáticos,

etc. Nestes, seja através do caráter histórico, seja através do caráter tecnológico, abordam algumas das técnicas de construção com terra. Podem ser destacados, neste contexto disciplinas como a Análise do Desempenho Técnico-Construtivo e da Qualidade de Edifícios, ofertada na FAU-USP, ou a disciplina de Projeto e Construção Sustentável, ofertada no catálogo de disciplinas da UNICAMP, que em determinado momento, abordam sobre as técnicas de construção com terra.

Há ainda outra forma diversa de disseminação da arquitetura e construção com terra que ocorre durante eventos de caráter regional ou nacional onde destacam-se as Oficinas de Capacitação oferecidas durante o TerraBrasil 2006 e IV ATP, realizado em Ouro Preto como pode se observar através das figuras 9 e 10, TerraBrasil 2008 realizado em São Luís, TerraBrasil 2010, realizado em Campo Grande ou eventos realizados no âmbito da ANTAC- Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído.



Figuras 9 e 10. Flagrantes da Oficina de técnicas mistas realizada durante o TerraBrasil 2006/ IV ATP em Ouro Preto-MG (Crédito: Parisi, 2006; Garzon, 2006)

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os cursos práticos realizados na PUC-Minas campus de Poços de Caldas, que aqui foram abordados, possibilitaram retomar a experimentação do canteiro levando os alunos, tanto os graduandos quanto os de Pós-Graduação, ao entendimento da construção e da arquitetura em sua plenitude. Além disso, esses cursos incentivaram a difundir tais conhecimentos tornando-os mais facilmente acessíveis aos outros profissionais envolvidos no processo de produção. É importante ressaltar que o perfil dos participantes destes cursos, realizados no final do primeiro semestre de 2011, foi o de pessoas que comporão uma massa crítica dentro dos processos de criação de novas arquiteturas.

Entretanto e ainda será igualmente necessário trabalhar na formação da classe trabalhadora (projetistas e construtores) especializados no assunto, pois, para que realmente seja possível que a técnica seja instaurada no mercado, equiparada a qualquer outro sistema construtivo, é necessário que se tenha toda a sorte de profissionais capacitados a entendê-la e empregá-la. Então, é importante que novos cursos sejam promovidos, envolvendo não só um maior número de profissionais, mas uma gama maior daqueles que trabalham na construção. São necessários cursos que conjuguem arquitetos, engenheiros, projetistas e construtores, pois com a troca de conhecimentos durante as discussões sobre essa “nova” técnica ou maneira de construir – chamando atenção que a denominação nova neste momento diz respeito aos estigmas relativos ao emprego da terra e suas potencialidades técnicas- a formação seria ainda mais rica e completa.

O importante é que com os conceitos apresentados, estes grupos possam ter coesão na postura decisória, evitando conflitos e questionamentos desnecessários no que diz respeito às capacidades e propriedades da terra como do material de construção. Assim, no momento da tomada de decisão sobre as ações relativas aos patrimônios edificados com

terra, a maioria dos conflitos e contradições apontadas seria compreendida e aceita por “todos”, pois as questões técnicas seriam consensuais.

A maneira para se atingir este objetivo é por meio de aulas teóricas totalmente focadas em exercícios de experimentação prática construtiva em canteiros anexos aos Centros de Formação. Este espaço conteria um didatismo especial se observado por todos. Aqueles que estão construindo aprendem a construir e a serem observados em ação – botando a prova as suas considerações. Se algo dá errado, todos veem e entendem o motivo. Ainda, o observador externo pode acompanhar – nestes espaços de experimentações – o processo construtivo, e não só o objeto pronto e construído. Este espaço, se acessado pelo público, possibilitaria uma relação dialógica entre todos os componentes da massa de frequentadores deste conjunto (Minto, 2009).

Quando se fala da experiência das disciplinas de arquitetura e construção com terra no Brasil dentro das universidades, imediatamente pode se perguntar: o que é possível ser modificado ou melhorado? Certamente há ainda muito por fazer: desde a divulgação constante perante os membros da academia, assim como as chamadas de trabalho para participação nos eventos de caráter nacional realizados pela Rede TerraBrasil ou eventos de caráter internacional como o SIACOT, o ATP, o Sismoadobe ou o Terra2012. É preciso, constantemente, incentivar a participação, abrir mesas de discussão a respeito das formas de divulgação e multiplicação de formadores de opinião e/ou simpatizantes. Também se faz necessária a formulação e/ou a sugestão de ementas para disciplinas sobre a arquitetura e construção com terra nas escolas, cursos e faculdades de arquitetura de todo o país. Certamente, outra forma importante de reforçar a introdução de práticas vinculadas à arquitetura e construção com terra são as publicações constantes em revistas especializadas ou mesmo através da imprensa diária.

O fato é que a presente comunicação deseja instigar através de sua reflexão essas questões tão prementes e necessárias no âmbito da arquitetura e construção com terra no Brasil, para quem sabe, um dia, através de uma massa crítica atuante e persistente, o destino sobre as práticas de construção possa ser alterado em favor da aplicação dos saberes ancestrais aliados ao legado tecnológico-científico de qualidade disponível. Essa é uma tarefa cuja responsabilidade é de todos os participantes de eventos da natureza como o presente TerraBrasil ou ainda dos técnicos que atuam projetando e construindo obras com o emprego da terra, em que aliam a reflexão dos saberes e experiências acumuladas à técnica, à tecnologia, aos modismos e às necessidades contemporâneas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DETHIER, J. (1986). *Arquiteturas de terra ou o futuro de uma tradição milenar*. Rio de Janeiro: Avenir, 208p.
- FRICKE, G. T; PARISI, R. S. B.(2011). Projeto Pedagógico do Curso de Especialização *Lato Sensu* em Habitat Sustentável e Eficiência Energética, Oferta 01 – Poços de Caldas. Cópia Impressa. Poços de Caldas: PUC-Minas, 30p.
- MILANEZ, A. (1958), *Casa de terra: as técnicas de estabilização do solo a serviço do homem do campo*. 1 ed. Rio de Janeiro: Serviço Especial de Saúde Pública do Ministério da Saúde. 122p.
- MINKE, G. (2005). *Manual de construcción en tierra: la tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual*. Montevideu: Editorial Fin de Siglo, 222p.
- MINTO, Fernando Cesar Negrini. *A experimentação prática construtiva na formação do arquiteto*. São Paulo : Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, 2009. Dissertação de Mestrado em Tecnologia da Arquitetura. [acesso 2012-04-09]. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16132/tde-26042010-152603/>>.

PARISI, R.S.B. *Xucuru Kariri: a reconstituição da trajetória de um grupo indígena remanejado e suas habitações com "novaterra"*. São Carlos: Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada da Escola de Engenharia da Universidade de São Paulo, 2008. Tese de Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental. 181p.

PINTO, F. (2005). *El futuro está en la tierra*. In Jorge, F.; Correia, M. e Fernandes, M. (Coord.). *Earth Architecture in Portugal. Arquitectura de Terra em Portugal*. Lisboa: Argumentum, pp.16-19.

NOTA

As imagens do presente trabalho foram adquiridas através de seus respectivos autores, a quem o grupo responsável pela elaboração da comunicação expressa seus agradecimentos. São eles: Parisi, R. e Garzon, L. E. (TerraBrasil 2006, novembro de 2006); Fricke, G. (Oficina no Quilombo Brotas, Itatiba-SP, junho de 2008); Tramontina, E. M. (EREA-Poços, em 1º de maio de 2009); Junqueira, J. G. e Miranda, D. T., Parisi, R. (PUC-Minas, campus Poços de Caldas, maio de 2011)

AUTORES

Rosana Soares Bertocco Parisi, Arquiteta e Urbanista, Mestre em Urbanismo pela FAUPUCCAMP (2003), Doutora em Ciências da Engenharia Ambiental pela EESC-USP (2008), membro da Rede Ibero-americana PROTERRA e da Rede TerraBrasil. É professora no Curso de Graduação de Arquitetura da PUC-Minas, campus de Poços de Caldas desde 1997, Membro do Colegiado de Coordenação do Curso de Arquitetura da PUC-Minas campus de Poços de Caldas desde 2011 e Coordenadora do Curso de Pós Graduação Latu-Sensu "Habitat Sustentável e Eficiência Energética" da mesma universidade.

Raymundo Rodrigues Filho, Arquiteto e Urbanista, Mestre em Urbanismo pela Ecole Polytechnique de Paris (1978), é especialista em Conservação e Restauração de Sítios Históricos e Arqueológicos - Iccrom - Craterre - Getty Institute - Trujillo - Peru - 1999. Atua como Consultor em conservação e restauro, e capacitador em Transferência de Tecnologia de Arquitetura e Construção com Terra e Técnicas de Baixo Impacto da Oikos Arquitetura - Ecologia do Habitat é também membro Rede PROTERRA e da Rede TerraBrasil.

Márcio V. Hoffmann é Arquiteto, Mestre em Preservação e Restauração de Patrimônios Históricos pela UFBA, membro da Rede Ibero-americana PROTERRA e da Rede TerraBrasil, associado ao ABCTerra e sócio das empresas *FATO arquitetura* e *TAIPAL construções em terra*.



TERRABRASIL: UMA REDE? DE QUE TIPO? COMO MELHORÁ-LA?

Rezende, Marco Antônio Penido de¹; Neves, Célia²

(1) Professor Associado – Departamento de Tecnologia da Arquitetura e do Urbanismo, Escola de Arquitetura, Universidade Federal de Minas Gerais, Rua Paraíba, 697 - Belo Horizonte – 32 3409 8823
marco.penido.rezende@hotmail.com

(2) Rede Ibero-americana PROTERRA; Rede TerraBrasil. cneves2012@gmail.com

Palavras-chave: redes sociais; redes organizacionais; redes colaborativas

Resumo

Considerando os diferentes tipos já definidos e estudados de rede, o artigo procura qualificar a organização TerraBrasil como uma rede, e, fundamentando-se nos aspectos principais definidos para as diferentes redes, analisa as atividades desenvolvidas e sugere outras no sentido de aprimorar seu desenvolvimento e avanço no contexto técnico, científico e social brasileiro. Inicialmente, apresenta a Rede TerraBrasil com sua composição, perfil e principais atividades, destacando aspectos dos eventos TerraBrasil, que são realizações bianuais, com repercussão dentro e fora do país. Em seguida, apresenta as diversas categorias de redes, considerando as principais características de cada uma e buscando identificar aquela cujo perfil se assemelha à Rede TerraBrasil. Enfatiza os principais aspectos das redes sociais, organizacionais e colaborativas, fundamentados em uma complexa e extensa bibliografia. Comprova que Rede TerraBrasil identifica-se como uma rede colaborativa híbrida, uma vez que reconhece-se a importância do encontro físico entre os associados, notadamente nos congressos que organiza. Finaliza observando que a Rede TerraBrasil ainda não explora totalmente seu potencial em benefício da Sociedade.

1. REDE TERRABRASIL

Fundada em setembro de 2007, a partir do interesse manifestado durante a realização do I Congresso Brasileiro de Arquitetura e Construção com Terra (I CBACT) em 2006 e com estatuto próprio, a rede TerraBrasil tem atuado como uma rede de troca de informações entre os pesquisadores e profissionais brasileiros desde então. Seu maior produto é a realização dos congressos brasileiros bianuais, que já se encontram em sua quarta edição, mobilizando sempre um grande número de participantes e servindo como elemento de difusão da própria arquitetura e construção com terra. Este processo de difusão é acentuado com a realização de oficinas práticas voltadas, principalmente, aos estudantes e à população local, antes ou após os congressos.

Atualmente, a Rede TerraBrasil é composta por 43 associados, dedicados às mais diversas áreas no campo da arquitetura e construção com terra. As figuras 1 e 2 apresentam a formação profissional e principais atividades dos associados, confirmando a maior participação de arquitetos e um relativo equilíbrio nas atividades de inovação e ensino, construção e projeto voltado à sustentabilidade do ambiente.

O primeiro TerraBrasil foi realizado em 2006, na cidade de Ouro Preto, antes da formação da Rede, em parceria com instituições portuguesas, que demonstravam muito entusiasmo nesta área, promovendo o evento denominado Arquitetura de Terra em Portugal. O sucesso deste primeiro evento levou a Universidade Estadual do Maranhão a propor a continuidade do TerraBrasil. O segundo evento, realizado em São Luís em 2008, já com a organização da Rede TerraBrasil, teve também caráter internacional, associando-se à Rede Ibero-americana PROTERRA para a realização conjunta do VII SIACOT – Seminário Ibero-americano de Arquitetura e Construção com Terra. O TerraBrasil seguinte foi realizado em 2010, em Campo Grande.

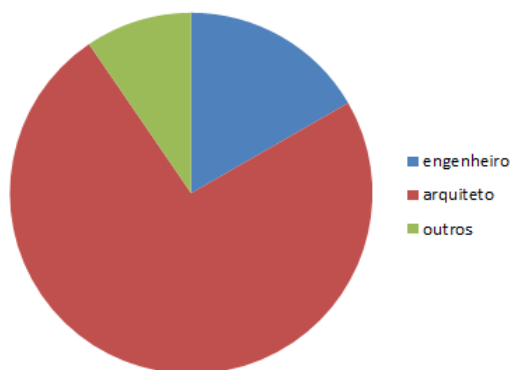


Figura 1. Formação dos associados

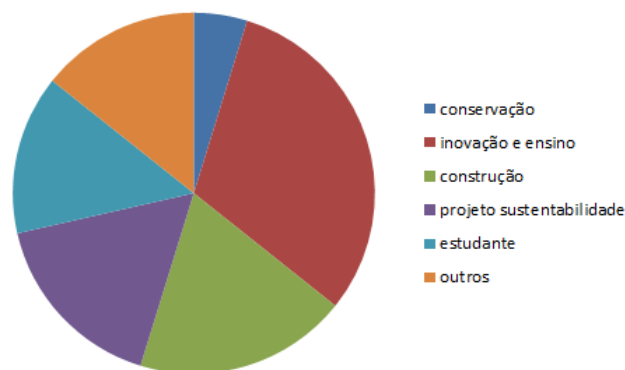


Figura 2. Principais atividades dos associados

Os eventos TerraBrasil procuram abordar temas de interesse da Sociedade, principalmente do local de sua realização, mas também prezam em manter um caráter de abertura, para dar a oportunidade de divulgação de trabalhos desenvolvidos nas mais diversas áreas. A tabela 1 informa os temas dos artigos publicados nos três eventos realizados

Tabela 1. Temas e artigos publicados nos eventos TerraBrasil

Temas	TerraBrasil 2006 ¹	TerraBrasil 2008 ¹	TerraBrasil 2010
Materiais e técnicas de construção	11	27	12
História, conservação e patrimônio	20	18	8
Arquitetura contemporânea	7	8	14
Sustentabilidade das construções		5	7
Ensino, formação e capacitação	7	7	8
Transferência de tecnologia	6	6	
Total de artigos	51	71	49

¹ evento de caráter internacional

Apesar de ser um evento de caráter nacional, TerraBrasil recebe e publica artigos de autores de outros países, especialmente os de idioma espanhol.

A comunicação entre seus associados ocorre por meio do correio eletrônico coletivo. Um moderador, diferente do coordenador, administra este sistema de comunicação.

Este artigo busca analisar a Rede TerraBrasil dentro dos conceitos existentes de redes. Ainda que as diferentes características de redes sejam incógnitas para os leigos, elas já são estudadas há bastante tempo e contam com fundamentos filosóficos e científicos. Este trabalho propõe observar o desenvolvimento da Rede TerraBrasil e enquadrá-la em um dos diferentes tipos de redes estabelecidos. Reconhecer a categoria de rede a que pertence e entender seu papel no contexto atual da sociedade, facilita assumir sua condição em comparação com outras redes e traçar metas adequadas ao seu desenvolvimento. Assim, busca-se categorizar a rede TerraBrasil e identificar seu potencial como instrumento de integração nacional das pessoas envolvidas com a arquitetura e construção com terra.

2. SOBRE AS REDES

A organização em rede existe há bastante tempo e, segundo Newman (2001), as primeiras pesquisas sobre esta forma de interação aconteceram há mais de 50 anos. Nas duas últimas décadas, consta-se a efervescência de artigos científicos, reportagens em revistas e jornais sobre este instigante assunto. O que se passa?

Pode-se obter uma excelente visão sobre este fenômeno no livro *The rise of the network society*, do sociólogo espanhol Manuel Castells (2000), que recebeu o título “Sociedade em rede” na tradução brasileira e, não por acaso, traduzido em vários idiomas, e com várias edições e re-impressões em todo o mundo.

Na verdade este livro faz parte de uma trilogia nomeada “A era da informação: economia, sociedade e cultura”, composta além deste, de mais dois volumes: “O poder da identidade” e “Fim de milênio, tempo de mudança”. Neles o autor apresenta o resultado de mais de dez anos de pesquisa na qual ele estrutura uma base teórica para compreender as mudanças e o mundo em que estamos vivendo. Para Castells (2000), a Sociedade parece estar diante de uma revolução tecnológica tão importante (ou mais...) quanto foi a Revolução Industrial e, portanto, é necessário compreender as bases desta transformação.

Segundo Castells (2000) este novo paradigma tecnológico possui cinco características fundamentais: 1) a busca de tecnologias para agir sobre a informação e não a informação para agir sobre a tecnologia, como se fazia antes; 2) a penetrabilidade, ou seja, todas as esferas da vida social estão sendo penetradas pelas novas tecnologias de informação e suas organizações (o que não impede, a existência de grupos excluídos); 3) a lógica de redes, ou seja, a morfologia de redes está, de forma crescente, em todos os processos e organizações; 4) a flexibilidade, ou seja, as estruturas não são mais rígidas e há grande possibilidade de rápidas reconfigurações; 5) a convergência de tecnologias específicas para um sistema altamente integrado, ou seja, a integração cada vez maior e mais abrangente de diferentes tipos de tecnologias em uma mesma estrutura, tais como hardwares e softwares, ou mesmo a engenharia genética e a informática (pensando aqui, na busca e utilização de códigos de ambas (Castells, 2000).

Observa-se então que não é gratuito o título do livro, Sociedade em Rede, uma vez que a presença das redes em todos os processos e organizações é uma característica básica da sociedade atual. Embora as redes sejam uma antiga forma de organização social, a grande diferença é que, devido às novas tecnologias digitais de informação, está-se assistindo a uma expansão da estrutura em redes para todos os níveis da sociedade: “*as redes se tornaram as formas organizacionais presentes em todos os campos da atividade humana.*” (Castells, 2000, p.47).

Mas o que é rede? Para Castells (2000, p.76), ela tem um sentido muito amplo: “rede é um conjunto de nós interconectados. O que é um nó vai depender do tipo de rede. Por exemplo, pode ser: “mercados de bolsas de valores e suas centrais de serviços auxiliares avançados na rede de fluxos financeiros globais”; “conselhos nacionais de ministros e comissários europeus da rede pública que governa a união européia”. E assim prossegue Castells dando vários exemplos tão disparees como redes de tráfego de drogas internacionais e redes de mídia.

Ainda segundo Castells, as redes possuem estrutura aberta capaz de expandir de forma ilimitada, integrando novos nós. Entretanto, para que um novo nó se integre à rede ele tem de possuir os mesmos códigos de comunicação (ou objetivos, valores). Ou seja, apesar do potencial de expansão da rede, ela não admite necessariamente qualquer um (empresa, governante, cidadão, etc.). Outra característica interessante é a sua abertura ao processo de inovação, criando uma estrutura que permita e conviva facilmente com inovações e mudanças: “*uma estrutura social com base em redes é um sistema aberto altamente dinâmico e suscetível de inovação sem ameaças ao seu equilíbrio*” (Castells, 2000, p.85). Esta característica do dinamismo e possibilidade de re-arranjo das redes é uma idéia presente em muitos estudiosos do tema.

Finalmente vale mencionar, uma das mais citadas frases do autor, quando defende que o poder e influência das redes é tão grande que elas, ou melhor dizendo, que a comunicação entre os seus nós, é mais importante do que até mesmo as pessoas e organizações que se julgam no controle das redes (e dos objetivos e metas desta rede), gerando assim um caminhar próprio dos fluxos, que tem a sua própria lógica: “*essa lógica de redes gera uma*

determinação social em um nível mais alto que a dos interesses específicos expressos por meio das redes: o poder dos fluxos é mais importante que os fluxos do poder” (Castells, 2000, p.53).

Embora muito instigante pelo tipo de análise global que faz, a grande contribuição dada por Castells (2000) aos objetivos deste trabalho é compreender o complexo fenômeno social, político, cultural e econômico que está relacionado à criação das redes, e que ao que tudo indica, elas não são uma opção, mas a forma de organização que atualmente caracteriza a nossa sociedade, em seus mais diversos níveis.

Outra contribuição dada pelo autor é o seu conceito de rede, extremamente simples e abrangente, que inclui todas as formas de rede. O que tem acontecido com os estudos sobre redes, é que de fato abrangem quase todas as áreas do conhecimento, não se limitando nem mesmo a separação entre as tradicionais grandes áreas da ciência uma vez que aborda além dos fenômenos sociais, fenômenos físicos e biológicos. Diante desta abrangência Dorogovtsev e Mendes (2002), dois físicos, buscam analisar as diversas redes sob o ponto de vista da física, ou mais especificamente por meio da teoria dos Gráficos Randômicos. Tanto na primeira obra, como na segunda, esta feita de forma mais didática por Dorogovtsev (2010), mas apresentando fundamentalmente os mesmos elementos, são reveladas algumas características comuns a todas as redes, começando por sua estabilidade frente às falhas ou mudanças aleatórias. Entretanto sua fragilidade encontra-se na rapidez na difusão de doenças ou vírus. Para isto, a maior parte das redes cria, espontaneamente, alguns nós que concentram várias conexões; quando isto acontece é mais fácil atuar no controle de vírus ou doenças na rede. Este tipo de crescimento foi identificado e analisado por vários autores e é chamado de conexões preferenciais (Barabási; Albert, 1999; Newmann, 2001).

Os novos nós que entram na rede buscam se conectar a nós que tenham mais conexões. Em linguagem informal é chamada de “os ricos ficam mais ricos” ou “a popularidade atrai”. Este tipo de regulação e auto-regulação no funcionamento das redes é outra característica das mesmas. Ao contrário do que se pensava anteriormente, as redes tendem a uma auto-regulação, sempre aberta e dinâmica, mas muito diferente do caos que se imaginava em sistemas sem reguladores externos.

Enfim, as redes são vistas como verdadeiros organismos, que possuem dinâmica e “vida” próprios, capazes de adaptarem-se rapidamente a mudanças e incorporações de novos membros.

Entretanto, alguns autores, como Wagner e Leydesdorff (2005), acreditam que só a preferência por determinadas conexões não são capazes de explicar todo o funcionamento de redes mais complexas. Eles analisaram as redes de colaboração internacional entre cientistas e chegaram à conclusão de que é necessário considerar também outros aspectos como pressões institucionais sobre os pesquisadores que estão começando a carreira. Em outras palavras os autores defendem que, além das conexões preferenciais, é necessário também o apoio da Sociologia para explicação de redes complexas. Isto também foi verificado por Braun et al. (2001). Desta forma, ao que tudo indica, na análise de redes mais complexas, como as humanas, a contribuição da sociologia torna-se importante.

Voltando às características gerais das redes, torna-se interessante separar os tipos de redes existentes, pois embora haja muitas características comuns entre elas, há também diferenças. Como a rede TerraBrasil, objeto deste estudo, não é uma rede biológica ou física, não faz sentido aprofundar neste sentido. Desta forma, prioriza-se o entendimento das redes sociais, redes organizacionais e redes colaborativas.

2. REDES SOCIAIS

A dinâmica movimentação em torno dos estudos sobre redes dificulta, por vezes, precisar o seu conceito. O conceito de redes sociais é o mais dúbio entre os três. As análises sociais

utilizando a idéia de redes, feitas pela sociologia, datam da década de 50 e abriram uma nova perspectiva e área de conhecimento neste campo. As análises de redes sociais constituem hoje um bem estabelecido campo do conhecimento (Wasserman; Faust, 1994; Scott, 2000). Mas, embora possam ser utilizadas em alguns dos seus aspectos para análise das redes formadas contemporaneamente, seu foco e nascimento não se situam dentro deste escopo. Por outro lado, o conceito de redes sociais também já é há muito utilizado em várias áreas da ciência que buscam compreender os fenômenos sociais, destacando-se aqui, além da própria sociologia, a epidemiologia e os estudos sobre difusão de produtos e idéias na sociedade. A ideia de rede, com seus nós e comunicações é familiar e básica em qualquer destas áreas.

Do período inicial, o estudo mais conhecido seja talvez o de Milgram (1967), que solicitou às pessoas que enviassem cartas de Nebraska a Boston, mas utilizando somente pessoas realmente conhecidas. O resultado foi que, em geral, uma média de seis pessoas era o suficiente para que a carta chegasse. A conclusão foi que, de maneira geral, bastavam seis pessoas para que toda a humanidade se conectasse. Embora bastante interessante, Newman (2001) argumenta que estes e outros estudos posteriores pouco ajudaram a compreender efetivamente como se dá o funcionamento das redes, daí a necessidade de novos estudos.

Voltando a questão do conceito de redes sociais, percebe-se que ele foi tratado, inicialmente, como uma ferramenta de estudo para compreender e estudar a dinâmica da sociedade, e não uma nova forma de organização da própria sociedade. Este conceito é aplicado em diversas situações e grupos, para ajudar a compreender a dinâmica de funcionamento destes próprios grupos, como por exemplo, a “rede de relacionamento” de adolescentes em um determinado bairro, ou em determinada escola. Evidente que é possível utilizar o mesmo conceito para analisar as redes formadas contemporaneamente. Mas, como já foi dito, ele foi desenvolvido não para analisar especificamente as redes virtuais contemporâneas, mas as interconexões sociais em geral.

Já um conceito bastante distinto de redes sociais é o associado às novas redes que se formaram na internet tais como o *facebook* e similares. Pag (2010) chega a fazer uma distinção entre estas redes e o que chama de redes de trabalho, mais associadas à estrutura organizacional das empresas, ou outras formas de organização, mas sempre voltadas ao trabalho. Desta forma o que caracterizaria “as redes sociais” seria o foco no relacionamento casual, afetivo, ou espontâneo entre as pessoas.

O conceito foi assumindo novas feições e encontram-se autores que definem rede social como algo completamente distinto das definições anteriores. Para Franco (2010), redes sociais são somente aquelas com distribuição equitativa entre seus nós, sem centros de poder, em que não há alguém centralizando a rede, e onde o princípio da colaboração surge naturalmente como uma decorrência do seu funcionamento. Nesta visão a rede social é uma estrutura extremamente igualitária e dinâmica com funcionamento baseado no princípio da auto-regulação coletiva. Os diagramas de Paul Baran (1964), resultado de sua pesquisa para a criação da internet, ilustram bem as argumentações de Franco (2010). Os diagramas, apresentados na figura 3, distinguem três possibilidades de rede de comunicação: as centralizadas, as descentralizadas e as distribuídas. Para Franco (2010), só seria de fato rede social a que fosse caracterizada como distribuída, sem concentração de fluxos em nenhum dos nós, assim como a do tipo C.

Na verdade, o conceito de rede social passou a significar tantos objetos distintos, que se torna difícil concluir precisamente o que é ela é. São conceitos realmente diversos, e por ultrapassarem o objetivo deste trabalho, não se tratou de buscar o senso comum desta definição. De fato, rede social, para Scott (2000), é uma categoria de análise social, enquanto para Pag (2010), é um tipo de rede virtual, onde fundamentalmente o objetivo é o relacionamento entre as pessoas e, nesse sentido, tem sua definição por oposição às redes de trabalho. Já, para Franco (2010) e Silva (2010), é uma estrutura organizacional

extremamente igualitária, com claros paradigmas, podendo ter objetivos diversos. Do ponto de vista de aplicação a este estudo, os conceitos de Franco e Silva, podem ser mais adequados.

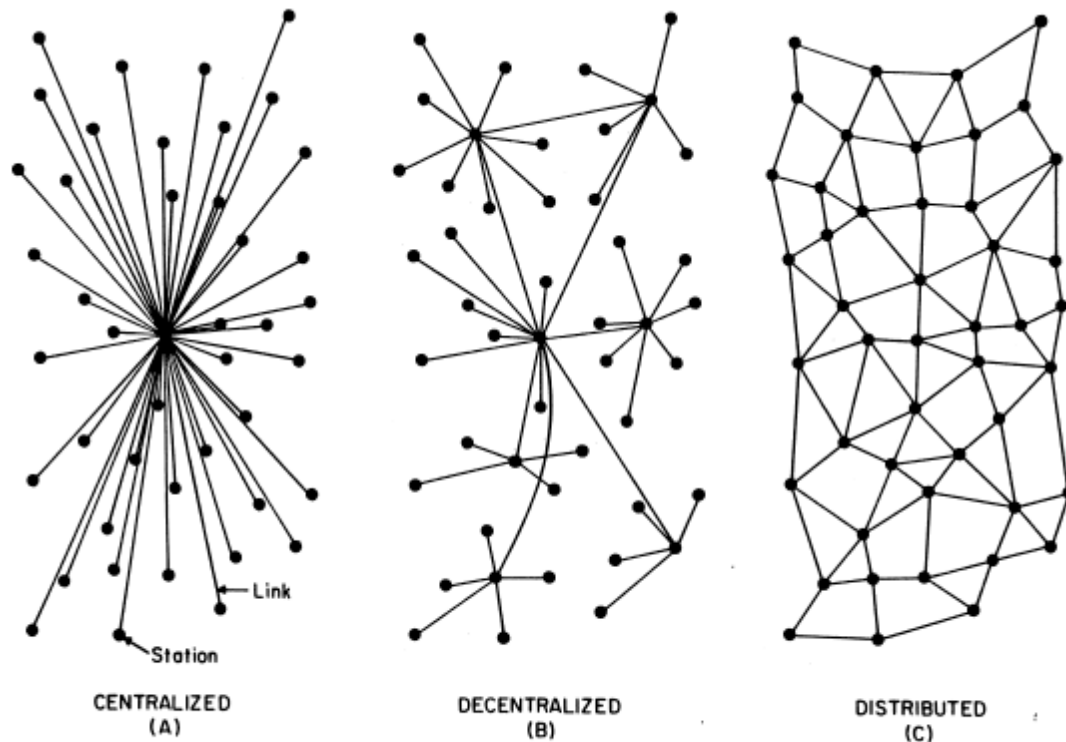


FIG. 1 – Centralized, Decentralized and Distributed Networks

Figura 3. Diagramas de Paul Baran (1964) para redes centralizadas, descentralizadas e distribuídas

3. REDES ORGANIZACIONAIS

As redes organizacionais têm definição e corpo de conhecimento mais preciso. Trata-se de todas as teorias e práticas que buscam a introdução de rede da estrutura administrativa das empresas. Alstynne (1997) primeiramente reconhece o problema de vocabulário com a palavra rede, mas entende que uma rede organizacional deve possuir três componentes básicos: 1) uma estrutura que permita a transmissão de comunicação e comando, mas com flexibilidade para transformações; 2) um processo que tenha seu fundamento na participação e que possa estabelecer novas conexões e inclusive mudanças na rede; 3) um objetivo, de caráter coletivo, que lhe dar o sentido de sua existência. Para o autor, o conceito de rede possui pelo menos três fundamentos em áreas diferentes, associados a características diferentes. Por isso, metaforicamente ele associa a organização em rede a três visões básicas advindas: da informática, da economia e da sociologia.

Sob o ponto de vista da informática, a análise é feita em relação aos fluxos de informação e decisão. Neste caso o cuidado em relação às estruturas convencionais é de conseguir coerência de propósitos no sentido de obter uma eficiência global por meio da atividade local. Sob o ponto de vista da economia, o objetivo é fazer com que cada membro esteja motivado a colaborar com o desenvolvimento da empresa. Já sob o ponto da sociologia a grande contribuição vem do reconhecimento de que os indivíduos agem de acordo com vontades e desejos próprios, como, por exemplo, a vontade de reconhecimento. Alstynne (1997) acredita que apenas com esta visão multidisciplinar é possível compreender, propor e ajudar o funcionamento das redes organizacionais.

Podolny e Page (1998) preocupam-se, antes de tudo, em definir o que sejam redes organizacionais. Para os autores, sob o ponto de vista estrito de uma análise estrutural, a visão da estrutura organizacional em redes, como uma terceira forma de organização contraposta à hierarquia e ao mercado, não faz sentido, pois os dois últimos também podem ser entendidos enquanto rede. Entretanto, quando se trata da governança, do poder de decisão e funcionamento, as redes têm realmente uma configuração distinta, pois elas pressupõem, ao contrário do mercado, relações que podem durar mais de uma transação, e, ao contrário da estrutura hierárquica, poder de decisão total entre os envolvidos sobre o objeto ou objetivo de sua constituição. Neste sentido, as redes organizacionais são de fato, estruturas alternativas às, tradicionalmente, oferecidas pelo mercado e pela hierarquia.

Já Powell (1990) e Perrow (1993), em concordância com Padolny e Page (1998), veem em valores morais e éticos diferenciados a base da organização em rede, representados pela relação que envolvem a confiança, a reciprocidade e a boa vontade.

Finalmente, Padolny e Page (1998) apontam a facilidade de aprendizagem, maior facilidade de controle e mudanças sobre o ambiente externo, melhor forma de estruturar a legitimação e o prestígio nas diversas atividades e economia nos custos como as maiores vantagens das formas organizacionais em rede.

Em publicação advinda não de um acadêmico, mas de um ativo consultor de empresas, Hastings (1993) demonstra todo o seu entusiasmo pelas formas organizacionais em rede. Para o autor, elas são muito mais produtivas e econômicas do que as demais e representam o futuro de toda organização. O que a caracteriza é uma comunicação “rápida e aberta” entre cada pessoa associada, a clareza dos objetivos da rede e o controle dinâmico sobre o processo, em que cada ator pode interferir sobre o mesmo.

Analisando a literatura sobre a organização em redes e comparando-a com a obra de Castells (2000), a sensação que se tem é de que todos estes estudos, realmente, trabalham para realizar a “sociedade em redes”. A estrutura organizacional em rede, como proposta pelos autores é apontada como uma grande vantagem competitiva em várias empresas e um grande desafio a ser enfrentado por grande parte delas. Os aspectos interessantes se relacionam à importância da transparência, comunicação clara, equidade e confiança entre os atores da rede.

4. REDES COLABORATIVAS

As redes colaborativas incluem uma vasta gama de diferentes redes, como redes de colaboração científicas, de terroristas, de pessoas interessadas em determinado tema, ou que visam um objetivo específico (Dorogovtsev; Mendes, 2002). O que distingue as redes colaborativas das organizacionais é o seu “afastamento” das empresas: nesta não se busca uma organização que vá governar uma empresa, ou esteja a ela associada, não se está necessariamente buscando resultado financeiro, ou qualquer estrutura formalizada além da própria rede. Por seu perfil, elas têm crescido muito em todo o mundo. Hoje há até mesmo uma associação internacional, a SOCOLNET (<http://titanic.uninova.pt/~socolnet/drupal/>) que reúne usuários e pesquisadores em redes colaborativas de todo o mundo.

Estabelecida em 2007, a Associação possui 266 associados de 44 diferentes países. Camarinha-Matos (2004) considera que, para além do estabelecimento da associação, os pesquisadores entendem que o estudo das redes colaborativas já tem condições de estruturar um novo campo científico.

As redes colaborativas têm como características gerais as mesmas comuns às outras redes: equidade entre seus membros; auto-administração e determinação e rapidez na comunicação. Além disso, o único pressuposto é que seus membros estejam realmente dispostos a colaborar, dentro dos objetivos a que a rede se propõe. Há redes colaborativas de livre adesão ou com entradas restritas. E como já foi dito, os objetivos de cada rede podem variar enormemente.

Dentre os vários trabalhos publicados sobre redes colaborativas, buscaram-se os fundamentos naqueles que enfocavam as redes de colaboração científica, por sua afinidade ao objeto deste trabalho. Barabási e Albert (1999) concluíram que as redes de colaboração científica funcionam dentro dos mesmos princípios das redes em geral, com sua auto-regulação e tendo nas conexões preferenciais a sua base de funcionamento. Conexões preferenciais são os nós da rede que já têm um grande número de conexões. Estes nós tendem a ter suas conexões aumentadas ainda mais com o tempo.

No estudo das redes de ciência, Barabási e Albert (1999) identificam três tipos de atores: 1) os cientistas que estão no topo da carreira e já não se preocupam mais com tantas articulações; 2) os cientistas que estão no meio da carreira e são os grandes articuladores da rede, buscando sempre mais conexões; 3) os jovens cientistas que estão ingressando na carreira. Para Wagner e Leydesdorff (2005), a teoria usual de redes explica bem o funcionamento só para os cientistas que estão no meio da carreira. Já para os juniores e os seniores, é necessário buscar explicações junto à sociologia que, por meio do estudo das relações entre estes cientistas e suas instituições, pode explicar seus comportamentos. Desta forma, os autores consideram que a sociologia é uma importante ferramenta auxiliar no estudo das redes colaborativas.

5. TERRABRASIL. UMA REDE?

Embora a organização em redes não seja uma novidade, a intensidade com que está acontecendo nas últimas décadas o é. O conhecimento do estudo das redes integra diferentes áreas da Ciência, tanto no estabelecimento de sua metodologia como na definição de seus objetivos, sendo possível caracterizar rede de fenômenos físicos, químicos, biológicos e humanos.

Mesmo contando com a existência de um coordenador, característica própria da rede organizacional, TerraBrasil não se trata de uma empresa, o que elimina seu entendimento como rede organizacional. De acordo com as tipologias de redes estudadas anteriormente, TerraBrasil identifica-se notadamente como uma rede colaborativa. A ideia de um modelo de rede colaborativa híbrida, também adotada por Coelho e Neves (2007), parece adequada à rede TerraBrasil, se considerar a importância dos congressos para o seu desenvolvimento pois gera um encontro físico entre os associados. A existência do coordenador revela-se, até o momento, como um aspecto importante na manutenção da rede, pois ele incentiva a participação de todos e tem seu papel fundamental na organização dos congressos.

Mas quais seriam as possibilidades de melhorias de ação da rede? Um dos aspectos levantados como importante na bibliografia sobre as redes colaborativas é a igualdade dos membros, considerados como nós na sua estrutura. Este aspecto parece ser cumprido na constituição atual da rede, pois não se identificam as chamadas conexões preferenciais, identificadas por Barabási e Albert (1999) nas redes científicas.

O que se observa é que número de comunicações na rede é baixo, em que pese saber que os associados têm realizado pesquisas, projetos e construções que poderiam se divulgados entre eles e gerado motivos para maior integração. Questiona-se então o desinteresse de seus associados em comunicar suas atividades à rede.

Acredita-se que os associados dedicados a projetos sustentáveis e à construção geralmente tratam com clientes individuais que não estimulam, ou nem mesmo permitem, a divulgação do seu trabalho. Estes profissionais habitam-se ao trabalho de caráter individual, não se dedicando às atividades que poderiam ser compartilhadas entre os associados. Por outro lado, os pesquisadores e profissionais dedicados à inovação e ensino, como são pouco desafiados, buscam outras redes e eventos diversos para difundir suas ideias e conhecimento.

Apesar do sucesso dos congressos bi-anuais e de sua importância como agente e agregação e difusão de inovações tecnológicas e de formas de ensino, capacitação e

transferências, a rede TerraBrasil ainda não se deu conta do seu papel no contexto técnico e científico brasileiro.

A rede TerraBrasil não explora, por exemplo, seu potencial para atuar nas universidades e órgãos governamentais ligados à regulamentação das construções e seu financiamento.

Espera-se que este artigo e outras ações possam estimular os associados a entenderem que a rede TerraBrasil pode atuar, não somente como uma fonte de informação de consulta pessoal, mas como um organismo que trabalha para beneficiar a Sociedade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alstyne, M. V. (1977). The state of network organization: a survey in three frameworks. *Journal of Organization Computing*, v. 7, n.3.

Barabási, A. L.; Albert, R. (1999). Emergence of clustering in random networks. *Science*, v 286.

Braun, T.; Glanzel, W.; Schubert, A. (2001). Publication and cooperation patterns for the authors of Neuroscience Journals. *Scientometrics*, 51.

Camarinha-Matos, L. (2004). Collaborative networks: a new scientific discipline. *Journal of Intelligent Manufacturing*, v 16, n 4-5.

Castells, Manuel (2000). *The rise of the network society. The Information Age: Economy, Society and Culture*. Vol. I. 2 ed. Cambridge, MA; Oxford, UK: Blackwell.

Coelho A. C. V; Neves C. (2007). A arquitetura e construção com terra viajando nas redes virtuais: patrimônio cultural no século XXI. In: V ATP – Seminário Arquitetura de Terra em Portugal. Aveiro: UA/ESG/FCO/Cdt

Dorogovtsev, S. (2010). *Lectures on complex networks*. Oxford: Oxford University Press.

Dorogovtsev, S.; Mendes, J. (2002). *Evolution of networks: from biological nets to the internet and www*. Oxford: Clarendon Press

Franco, A. (2010). *Uma introdução às redes sociais*. Disponível em: <http://escoladeredes.ning.com/profiles/blogs/uma-introducao-as-redes>. Acesso em 23 maio 2010.

Hastings, C. (1993). *New Organization: Growing the Culture of Organization Networking*. Maidenhead: Mc Graw-Hill Book Company Europe.

Milgram, S. (1967). Social network connections. *Psychology Today*, 2.

Newman, M. E. J. (2001). The structure for scientific collaboration networks. *Proceedings for the National Academy Sciences (USA PINAS)*, vol 98, n2, Jan.

Pag, M. (2010). *Collaborative networks vs social networks*. Disponível em <http://www.zdnet.com/blog/collaboration/collaborative-networks-vs-social-networks/621>. Acesso em: 20 maio.2010.

Perrow, C. (1993). Small firms networks. In: Swedberg, R. (ed). *Explorations in Economic Sociology*. New York: Russel Sage Found.

Podolny, J. M.; Page, K. L. (1998). Network forms of organization. *Annual Review sociology*, n 24.

Powell, W. M. (1990). Neither market nor hierarchy: network forms of organization. In: Stow, B. (ed). *Research in organizational behavior*. Greenwich: Cumings ed.

Scott, J. (2000). *Social network analysis*. London: Suge Publication.

Silva, A. C. (2010). *Fundamentos e paradigmas das redes*. Disponível em: http://www.rits.org.br/redes_teste/rd_conceitos.cfm. Acesso em 19 de maio de 2010.

Wagner, C. S.; Leydesdorff, L. (2005). Network structure, self-organization, and the growth of international collaboration in science. *Research Policy*, 34.

Wasserman, S.; Faust, K. (1994). *Social network analysis*. Cambridge: Cambridge University, 1994.

AUTORES

Marco Antônio Penido de Rezende. Arquiteto (UFMG, 1987); Mestre em Arquitetura e Urbanismo (UFMG, 1998); Doutor em Construção Civil (POLI-USP, 2003). Pós-doutorado em Preservação História (Universidade de Oregon, EUA, 2010). Professor Associado do Depto. de Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo da EA-UFMG. Pesquisa, extensão, ensino e publicações na área de Arquitetura de Terra, Técnicas Restrospectivas, e Técnicas históricas, vernaculares e sustentáveis.

Célia Neves. Engenheira Civil; Mestre em Engenharia Ambiental Urbana; Coordenadora da *Rede TerraBrasil*; Coordenadora do Projeto de Investigação 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*. Currículo completo em <http://lattes.cnpq.br/4056186394947507>.



CONSTRUCCIÓN CON TIERRA

Schiller, Silvia de¹; Evans, John Martin²; Patrone, Juan Carlos³, Rotondaro, Rodolfo⁴
^{1 y 2} Directores CIHE, sdeschiller@gmail.com, evansjmartin@gmail.com,

³ Investigador CIHE, arqa@yahoo.es Centro de Investigación Hábitat y Energía, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de Buenos Aires

⁴ Investigador IAA, Instituto de Arte Americano, rotondarq@telecentro.com.ar Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina.

Palabras-chave: Construcción con tierra, publicación, patrimonio edilicio, desarrollo social, sustentabilidad.

Resumen

Este trabajo analiza la trayectoria de la publicación periódica 'Construcción con Tierra' iniciada en 2004, la única en la región dedicada específicamente a este tema. Se presenta el desarrollo logrado y la evolución en los seis números completados en forma continuada hasta la fecha, tanto en el campo conceptual y marco teórico como en la puesta en práctica, revalorización, actualización y difusión de técnicas de construcción con tierra. Los artículos publicados abarcan temas tales como talleres de capacitación profesional y técnica, restauración del patrimonio edificado, revalorización de técnicas constructivas de valor histórico y aceptación social, impacto ambiental y eficiencia energética e introducción de la temática como aporte a la sustentabilidad ambiental, social y económica del hábitat construido.

Se presenta un resumen de los temas tratados en ediciones sucesivas de Construcción con Tierra, con el número de artículos, los centros donde se desempeñan los autores y la ubicación de las obras tratadas. Cabe enfatizar la amplia distribución geográfica de los autores, provenientes de Argentina, Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, México, Perú, con aportes especiales de Italia y Alemania y ejemplos de construcciones y avances en Estados Unidos e Inglaterra.

El objetivo editorial de la publicación es valorizar la construcción con tierra con las siguientes vertientes y dimensiones: mostrar ejemplos de arquitectura con tierra de buena calidad a fin de contrarrestar la imagen de tierra como construcción 'pobre'; enfatizar la necesidad de lograr construcciones seguras y durables, aptas para competir con la construcción convencional, con el sustento de investigaciones; ensayos y normativas que permitan asegurar la capacidad de estructuras sismo-resistentes, energéticamente eficientes, confortables y atractivas a sus ocupantes. También se promueve la inclusión de artículos, tanto de investigadores y académicos como de practicantes, como aporte a la sustentabilidad del hábitat construido.

INTRODUCCIÓN

A principios del año 2004 se forma el Grupo de Trabajo Construcción con Tierra (gCT) del Centro de Investigación Hábitat y Energía dirigido por los Drs. Profs. Arqs. Silvia de Schiller y John Martin Evans, integrado por el Ing. Mariano Cabezón y los Arq. Juan Carlos Patrone¹, ex-alumnos del curso de postgrado Diseño Bioambiental, quienes venían realizando desde el año 2001 trabajos de investigación tendientes a desarrollar aspectos bioambientales en la construcción con tierra, particularmente ligados a las condiciones de habitabilidad en vivienda social, y el Arq. Rodolfo Rotondaro, investigador del CONICET y del IAA, Instituto de Arte Americano, con larga trayectoria en arquitectura y construcción con tierra.

1er Seminario-Taller 'Construcción con tierra' FADU-UBA

El grupo gCT, abocado a estudiar el potencial que presenta la integración del quehacer constructivo y los aspectos bioambientales, plantea en sus objetivos distintos tipos de

acciones de investigación y difusión. A tal fin, se llevó a cabo el primer Seminario-Taller a fines de marzo y principios de abril de 2004, con la participación del Dr. Arq. Gernot Minke, para el cual se plantearon los siguientes objetivos:

- Iniciar la formación de recursos humanos en arquitectura sustentable y desarrollo tecnológico de arquitectura de tierra.
- Contribuir al conocimiento y puesta en valor del patrimonio arquitectónico y tecnológico de la arquitectura de tierra.
- Estimular el aprendizaje amplio del ambiente, mediante el conocimiento de una de las formas tradicionales de construir el hábitat.

Dicho Seminario contó con la presencia del Dr. Arq. Gernot Minke quien, en función de su visita a Argentina, fue invitado por la Dra. Arq. Silvia de Schiller a participar del mismo. El Seminario se desarrolló en las instalaciones de la FADU-UBA, con exposiciones teóricas, talleres prácticos, inclusive, uno en obra, en el Municipio de Florencio Varela, Provincia de Buenos Aires. En este Taller el Dr. Minke desarrolló técnicas de reconocimiento de suelos y cerró el Seminario-Taller con la Conferencia Magistral con masiva asistencia de público.



Figura 1. Clase práctica a cargo del Dr. Genot Minke en Florencio Varela, Provincia de Buenos Aires, Argentina, 2004



Figura 2. Exposición del Ing. Cabezón y el Arq. Patrone, 1er Seminario-Taller Construcción con Tierra, FADU-UBA, 2004

La amplia convocatoria lograda y los resultados de este Seminario-Taller, contribuyeron al fortalecimiento del Grupo de Trabajo gCT-CIHE, decidiéndose encarar la publicación de los trabajos prácticos realizados en el mismo y editados posteriormente en un cuaderno impreso en papel, a modo de referencia de consulta en investigaciones en este campo en la FADU.

Esta edición inicial pasaría a ser el primer número de la serie de publicaciones 'Construcción con Tierra', habiéndose contado con los siguientes auspicios: Proyecto XIV.6 PROTERRA, Secretaría de Extensión FADU-UBA, Municipalidad de Florencio Varela, Grupo Tierra Tucumán FAU-UNT, CYTED Programa Ciencia y Técnica para el Desarrollo en Iberoamérica y CRIATIC FAU-UNT. La publicación fue presentada en el 3er. Seminario Iberoamericano de Construcción con Tierra, SIACOT, realizado en Tucumán en octubre del 2004, con gran acogida por parte de los profesionales, docentes y asistentes al Congreso.

En ese marco, la publicación sobre el 1er Seminario-Taller 'Construcción con Tierra' FADU-UBA, 2004, contó con los siguientes artículos:

- *Bioarquitectura. Construcción con tierra. Construcciones sismorresistentes con tierra.* Gernot Minke.
- *Construcción con tierra: aporte a la habitabilidad.* John Martin Evans.
- *Arquitectura y construcción con tierra en la Argentina. Tradiciones, alternativas y direcciones futuras.* Rodolfo Rotondaro.

- *Tierra estabilizada apisonada en el Gran Buenos Aires. Prototipo de vivienda de interés social en Florencio Varela.* Juan Carlos Patrone y Mariano Cabezón.
- *Visita a obra y practica de campo. Prototipo experimental de vivienda en Florencio Varela, Buenos Aires.* Juan Carlos Patrone y Mariano Cabezón.

La publicación también incluyó trabajos de los participantes con los siguientes artículos:

- *Desarrollo de prototipo de vivienda bioclimática con tierra cruda.* C. Mateos.
- *Aceptación social del material tierra y sistemas constructivos de conocimiento artesana.* M. A. Pais.
- *Aceptación social e institucional del material tierra como vehiculo del progreso social.* M. F. Carrizo.
- *Construcción con tierra. Aceptación social del material tierra. La estandarización e industrialización como posible vía de desarrollo de la tierra como material de construcción.* A. Schicht.
- *Puesto sanitario construido con suelo cemento. Propuesta de sistemas constructivos.* M. Montalvo.
- *Equipamiento educacional. Propuesta de cubierta de barro alivianado.* M. A. Correa.

El inicio de la serie Construcción con Tierra

En el año 2005 se edita un nuevo número de 'Construcción con Tierra', ya con soporte digital, dadas las posibilidades de técnica editorial y los reducidos recursos disponibles, por lo cual se solicitó un nuevo número de ISBN quedando esta publicación como el N° 1 de la serie Construcción con Tierra.

En CT1 se continuaron y profundizaron los objetivos de la publicación inicial procurando ampliar y mejorar la calidad de los artículos que integren la revista, orientando la temática hacia la arquitectura de tierra, el desarrollo tecnológico, la transferencia de conocimientos y la evolución en el tiempo, así como el desarrollo y actualización de normativas edilicias.

A partir de CT2, el N° 2 de Construcción con Tierra, de diciembre de 2006, el Centro de Investigación Hábitat y Energía CIHE, conjuntamente con el Instituto de Arte Americano 'Arq. Mario J. Buschiazzo', IAA, ambos de la FADU-UBA, editan esta publicación, continuando así hasta la actualidad, siendo el CIHE el editor responsable de la misma.

En ese número CT2, la publicación contribuyo a ampliar el panorama regional al incluirse trabajos de autores de Uruguay, México y Argentina, los que exponen principalmente avances en la investigación tecnológica referidos a la producción de elementos y sistemas constructivos para la vivienda de interés social, nuevos proyectos y puesta en valor del patrimonio edificado en tierra, arquitectura para zonas de riesgo sísmico, y la reflexión sobre aspectos de aceptación y rechazo de las construcciones de tierra.

En el siguiente número de Construcción con Tierra, CT3, se incluyeron una serie de artículos originales que desarrollan la temática de la arquitectura vernácula, el patrimonio doméstico rural, la transferencia tecnológica dentro del hábitat popular, los avances realizados con la inclusión de elementos de tierra cruda en el mercado europeo de materiales de construcción y otra con actualizaciones de trabajos previamente elaborados.

Con la edición en 2010 de Construcción con Tierra 4, la publicación avanzó conceptual y numéricamente sobre los números anteriores, contando con mayor cantidad de artículos referidos a investigaciones y experiencias en seis países latinoamericanos.

Con este enfoque, la edición de CT4 contó con la autoría de arquitectos de reconocimiento mundial, así como de investigadores, académicos y hacedores de la construcción con tierra,

provenientes de diversas universidades de la región, ONGs, organizaciones estatales y profesionales independientes.

La edición del último número de esta serie, CT5, de abril de 2012, presenta tres áreas temáticas destacadas: obras de arquitectura en tierra, restauración de edificios patrimoniales y vivienda, y aspectos técnicos como durabilidad y comportamiento térmico de la edificación en tierra.

Desarrollo de la temática tratada en distintos números de CT

La publicación Construcción con Tierra, en los sucesivos números de la serie, desde 2004 a 2012, esta contemplando los temas mas destacados y comprometidos para la difusión de los conocimientos, las investigaciones, los proyectos y construcciones realizados en este campo, considerando que la producción de conocimiento y renovación de prácticas constructivas, sumado a la creciente relevancia y difusión de la temática en el marco de la construcción sustentable, es sin dudas mucho mas amplia aunque todavía sin su adecuado reconocimiento.

En el trabajo que aquí se presenta se han agrupado los artículos publicados según distintas áreas temáticas, transferencia, restauración del patrimonio, arquitectura de tierra contemporánea, impacto ambiental y aporte a la sustentabilidad, desarrollo tecnológico, evaluación y normativas, actualizaciones y una sección con notas e informaciones.

En los sucesivos números de la serie CT se presentaron diversos artículos con variadas y muy ricas experiencias de transmisión del conocimiento sobre construcción con tierra cruda, fundamentalmente en el ámbito latinoamericano, detallados en la Sección 1.

A continuación, se detallan los artículos publicados en la serie, agrupados según las áreas temáticas abordadas, desde el inicio de la publicación CT1 en 2005 a CT5 en 2012.

Secciones de áreas temáticas abordadas

En los sucesivos números de la serie Construcción con Tierra se abordaron los siguientes temas indicados en la Tabla 1.

Tabla 1. N° de artículos sobre cada tema en números de CT, Construcción con Tierra

Tema	CT 0	CT 1	CT 2	CT 3	CT 4	CT 5
	2006	2007	2008	2009	2010	2012
1. Transferencia, educación y capacitación	1	2		1	2	
2. Restauración del patrimonio edificado		1	2	2		5
3. Arquitectura contemporánea de tierra		1		1	3	3
4. Impacto ambiental y aporte a la sustentabilidad		1			1	
5. Desarrollo tecnológico		2	3		5	4
6. Evaluación y normativas	1		1		1	
7. Vivienda rural	1	3	1			
8. Actualizaciones	1			4		
9. Notas e Informaciones				2	2	
10. Reflexiones						4
11. Trabajos de participantes, Seminario-Taller	6					

Nota: Cada artículo fue asignado según su tema principal, aunque muchos se relacionan con varias temas

1. Transferencia, educación y capacitación

La transferencia de conocimientos que, inclusive hoy, se viene realizando de padres a hijos y de generación a generación en un proceso lento de prueba y error, ha experimentado un cambio fundamental al incorporarse en los ámbitos académicos la enseñanza de las

tecnologías de tierra cruda sobre basamento científico, incorporando nuevos conocimientos fruto de investigaciones y procedimientos empíricos, además de rescatar valiosos saberes del pasado. En ese contexto, varios artículos desarrollaron la temática en distintos números de la serie:

- CRIATIC, Centro Regional de Investigaciones de Tierra Cruda, FAU-UNT. Tucumán, Argentina. R. F. Mellace, M. E. Sosa, S. M. Latina, L. E. Arias, C. E. Alderete, I. C. Ferreira, R. L. Soria Bravo y Arq. R. Rotondaro, CT1, 2005.
- Capacitación para la producción de BTC en la selva Tamandúá, Misiones, Argentina. R. Rotondaro y L. Alvarez, CT1, 2005.
- Transferencia tecnológica en el hábitat popular de la Argentina. R. Rotondaro, CT3 2007.
- Transferencia de tecnológica con tierra: Talleres de capacitación y experimentación. L. E. Garzón C., CT4, 2010.
- Transferencia tecnológica en Construcción con Tierra. J. C. Patrone y R. Rotondaro, CT4, 2010.

2. Restauración del patrimonio edificado

En distintos artículos de la publicación se confirma la permanente visión de autores argentinos sobre su patrimonio, la mayoría son trabajos realizados en la Región del NOA, Noroeste Argentino, donde edificación y paisaje se amalgaman e integran por un elemento, el suelo, que queda expuesto por la aridez del clima y es, junto a la piedra y la paja, el material constructivo disponible en la zona. La tierra, a través de la conformación de adobes, tapias o en el embarrado de entramados de madera, materializa espacios habitables, depósitos, corrales y espacios dedicados al culto.

Se presentaron trabajos realizados específicamente en las Provincias de Tucumán, Jujuy, Catamarca y La Rioja, en los que se analizan y describen aspectos físicos, socio-culturales y técnico-constructivos, en función de rescatar y revalorizar saberes autóctonos y proteger estrategias con herramientas que provee el turismo, para valorizar viejos saberes de estos pueblos, sus costumbres, organización social y configuración arquitectónico-paisajista. También se presentó un estudio sobre la arquitectura vernácula en las zonas altas de Baja California, México, evaluando la variación constructiva relacionada con distintas zonas micro-climáticas de la región.

En CT5 se inició una sección específica dedicada a restauración, tanto se trate de edificios patrimoniales como viviendas dañadas o con insuficiente sismo-resistencia, con valiosas contribuciones de Bolivia, Brasil y Argentina. Los artículos presentados en este campo son:

- *La vivienda rural en el Noroeste Argentino*. M. E. Sosa, CT1, 2005.
- *Viviendas tradicionales del ámbito Aconquija Tucumano-Catamarqueño, Argentina*. J. Chaila, F. Carrizo y R. Rotondaro, CT1, 2005.
- *Cuando las paredes hablan. Patologías constructivas en el Cabildo de Rinconada, Jujuy, Argentina*. A. R. Ramos, CT1, 2005.
- *Identidad local. Estrategias de ampliación de 'La ruta del adobe'. Catamarca, Argentina*. J. Chaila y F. Carrizo, CT2, 2006.
- *Proyecto Camino del Adobe. Valle del Bermejo. La Rioja*. L. Orecchia y S. Fernández, CT2, 2006.
- *La Arquitectura vernácula de la Reserva de la Biosfera 'Sierra La Laguna' en el Trópico Mexicano*. E. Gali Leal y P. Escobar Ochoa, CT3, 2007.

- *Patrimonio doméstico rural, adecuación ambiental y tecnologías tradicionales: El caso de Tucumán, Argentina.* B. Garzón, CT3, 2007.
- *La cooperación internacional por la reconstrucción en adobe.* M. Paradiso y S. Galassi, CT5, 2012.
- *Barro y tierra centenarios en Bolivia: reconstrucción y restauración de la Casona del Mayorazgo.* M. Moscoso, CT5, 2012.
- *Restauración del templo de San Isidro.* L. A. Orecchia, CT5, 2012.
- *Empleo de innovaciones técnicas en la restauración de la estructura muraria de la Iglesia Bom Jesus do Livramento en la ciudad de Bananal, Brasil.* E. Salmar y M. Tognon, CT5, 2012.
- *Proyecto Qapac Ñan: aproximación al relevamiento del patrimonio vernáculo, Departamento Famatina, La Rioja.* L. A. Orecchia y E. Brizuela. CT5, 2012.



Figura 3. Restauración de tapial, Iglesia Matriz, Ciudad de Bananal, Brasil. Salmar-Tognon CT5 2012

3. Arquitectura contemporánea de tierra

A través de los distintos números de la serie se fueron presentando diversas alternativas del quehacer de las construcciones de tierra contemporáneas, con artículos sobre el panorama histórico, presente y futuro en países de la región, particularmente de Argentina y México, ejemplos de proyectos, investigaciones y construcciones de prototipos de vivienda de interés social con tierra y residencias particulares.

En algunos casos fueron obras innovadoras en su sencillez y en otros se trataban de proyectos premiados en Bienales de Arquitectura, las que realzan la mejor tradición constructiva americana en el ámbito de la arquitectura contemporánea y reflexiones sobre el impacto de la tradición en la arquitectura actual y la interrelación de la expresión contemporánea con el profundo enraizamiento de culturas autóctonas,

En ese marco, diversos proyectos y variados enfoques en los artículos siguientes demuestran que la construcción con tierra posibilita muy variadas soluciones arquitectónicas:

- *La arquitectura de tierra en México.* R. S. Roux Gutierrez y J. A. Espuna Mujica, CT1, 2005.
- *Propuesta integral para consolidar la población rural.* A. González, R. Mattone, G. Pasero, J. Casarotto, M. C. Rodríguez, F. Blanc, CT1, 2005.
- *Sistema de muro monolítico con suelo estabilizado.* J. C. Patrone, A. B. Garcia, E. Nigro y J. P. Mazzeo, CT1, 2005.

- *Gestión y desarrollo tecnológico para la vivienda de interés social. Prototipo en Florencio Varela, Prov. De Buenos Aires, Argentina.* J. C. Patrone, CT1, 2005.
- *La arquitectura con tierra y su variabilidad de experiencias.* J. A Espuna Mujica, V. M. García Izaguirre, R. S. Roux Gutiérrez, C. A. Fuentes Pérez y Y. G. Aranda Jiménez, CT2, 2006.
- *Vivienda unifamiliar en BSC en la Provincia de Tucumán.* M. G. Ortega Argibay, CT3, 2007.
- *Arquitectura muraria en tierra y la recreación de la especialidad andina.* H. Guayasamín, CT4, 2010.
- *Casas de adobe en Nuevo México: Reflexiones sobre el paso del tiempo en un contexto atemporal.* S. Mühlmann, CT4, 2010.
- *De los muros de tierra a los muros con tierra: una revalorización de la arquitectura pre-moderna del trópico iberoamericano.* B. Barney Caldas, CT4, 2010.
- *Casa Prior: dos casos de construcción con tierra como material sostenible.* L. E. Garzón Castañeda, CT5, 2012
- *Aguas del Sol, tierra sustentable...* I. Serrallonga y C. Lico, CT5, 2012.

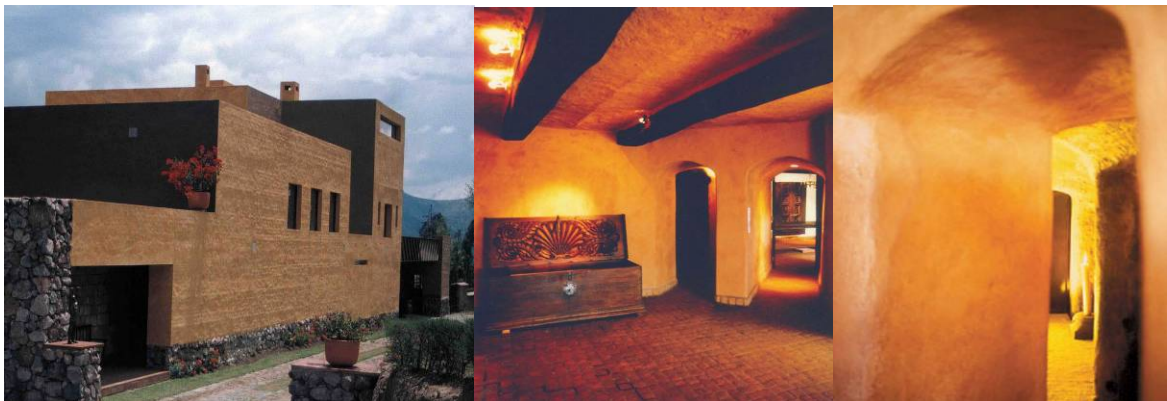


Figura 4. La Residencia Purucho y la Casa Cueva, Ecuador, Arq. Guayasamin, CT4, 2010



Figura 5. Quincha y tapial, Casa Prior, Colombia, Arq. Garzón, CT5, 2012



Figura 6. Casa en Córdoba, Argentina. Arqtos. Serrallonga y Lico, CT5, 2012.

4. Impacto ambiental y aporte a la sustentabilidad

El mejoramiento de la calidad del hábitat construido en forma sustentable es uno de los objetivos principales del Centro de Investigación Hábitat y Energía y, consecuentemente, de esta publicación.

El aporte de las construcciones de tierra a la sustentabilidad parte de sus características térmicas y reducida demanda de energía para su fabricación, transporte, colocación en obra y procesos constructivos, con mínimas emisiones de GEI, gases efecto invernadero, bajo impacto ambiental, alta reciclabilidad. Ello se complementa con su potencial accesibilidad económica y social para el logro de una mejor calidad de vida con durabilidad, habitabilidad y seguridad para satisfacción de sus ocupantes.

Estos conceptos se desarrollan en dos artículos de la primera edición, resultado del 1er Seminario-Taller Construcción con Tierra FADU-UBA 2004: 'Bioarquitectura. Construcción con tierra. Construcción sismorresistente con tierra' (Minke) y 'Construcción con tierra: aporte a la habitabilidad' (Evans), así como en 'La arquitectura de barro y la conservación del ambiente' (Viñuales) en CT1, 2005.

5. Desarrollo tecnológico

Esta sección aporta distintos aspectos del desarrollo tecnológico en la arquitectura de tierra, principalmente aquellas que utilizan suelo-cemento y tierras estabilizadas, como la utilización de distintas técnicas constructivas.

Este es el caso de la materialización de un Centro de investigaciones sobre Arquitectura de Tierra Cruda (CRIATiC) en la Universidad Nacional de Tucumán, o investigaciones sobre elementos constructivos para pisos y revoques, viviendas rurales en la estepa patagónica, obras del Programa de Vivienda Rural del Instituto Provincial de la Vivienda, Chubut, ambos ejemplos realizados en Argentina, con empleo de BTC y estrategias bioclimáticas y utilización de energías alternativas, sistemas para autoconstrucción con suelo-cemento plástico, o la comercialización de mampuestos de tierra para tabique interiores en Inglaterra.

Adicionalmente a estudios de la durabilidad y características estructurales, varios trabajos investigan el comportamiento térmico de edificios construidos con tierra, mostrando las técnicas de medición y evaluando la habitabilidad. Estos estudios demuestran que las condiciones de bienestar térmico dependen no solo del material, sino también el diseño arquitectónico, los espesores y la ubicación y tamaño de aventanamientos.

Los artículos presentados en este campo son:

- *Proyecto Terra Uruguay. Montaje de prototipos de vivienda a través de la utilización de tecnologías de tierra: adobe, fajina y BTC.* R. Etchebarne, G. Piñeiro y J. C Silva, CT2, 2006.
- *Diseño de pisos y revoques con empleo de tierra tosca estabilizada.* R. Rotondaro, J. C. Patrone y A. Schicht, CT2, 2006.
- *Suelo-cemento, un recurso tecnológico para la construcción de edificios.* C. Alderete, L. Arias, S. M. Latina, R. Mellace, M. E. Sosa y I. C. Ferreira, CT2, 2006.
- *Actualización de la construcción con tierra.* J. M. Evans, CT3, 2007.
- *La tierra que nos cobija: inspiración, técnica y desarrollo.* R. Flores Rivas y T. González Algaba, CT4, 2010.
- *Programa Hábitat Rural Chubut: construcción con tierra y energía solar en vivienda solar participativa.* L. De Benito, E. Mele, M. Lenzian, M. Baronetti, P. Reny, I. Lastoria y R. Williams, CT4, 2010.
- *Utilización de mucilago de nopal y triturado de llanta para mejora de las características mecánicas de los BTC.* R. S. Roux Gutiérrez y Y. G. Aranda Jiménez, CT4, 2010.
- *Patologías y propuestas en la cubierta de barro de un Centro de Interpretación Arqueológica. Antofagasta de la Sierra, Provincia de Catamarca.* J. Tomasi y M. C. Rivet, CT4, 2010.
- *Sistema abierto para autoconstrucción.* B. Gatti y G. Mirkin, CT4, 2010.
- *Estudio comparativo de bloques de tierra comprimida estabilizados con cal y con cemento.* R. S. Roux Gutiérrez y L. Fernando Guerrero. CT5, 2012.
- *Desempeño térmico de viviendas construidas con quincha.* J. M. Evans, S. de Schiller y L. Garzón. CT5, 2012.
- *Auditorias térmicas en viviendas construidas con tierra.* J. C. Patrone y J. M. Evans. CT5, 2012.

6. Evaluación y normativas

Aunque la construcción con tierra ha ofrecido soluciones constructivas y habitacionales durante miles de años, sin embargo hoy se encuentra limitada por la legislación en resguardo de potenciales peligros estructurales y su asociación a riesgos de enfermedades como el mal de Chagas. Por lo tanto, se requiere mayor desarrollo de fundamentos y desarrollo del potencial que ofrece la construcción con tierra, para dar soporte a normativas edilicias y prácticas constructivas, a fin de revertir conceptos cuestionados que se encuentran instalados en la sociedad y las instituciones encargadas de legislar y controlar el cumplimiento de las mismas.

Si bien en algunos países iberoamericanos se desarrollaron guías y recomendaciones para estructuras sismorresistentes y reglamentaciones sobre algunas técnicas constructivas específicas de tierra cruda, no es el caso de la Argentina, donde si bien algunos Institutos Provinciales de Vivienda permiten construcciones de tierra, solo en algunos distritos aislados comienzan a surgir soluciones que contemplan estas construcciones. Es de esperar por tanto que, en un futuro cercano, se cuente con legislaciones y normativas innovadoras en este campo para que las técnicas constructivas de tierra puedan ofrecer una alternativa válida y aceptada frente a otras alternativas convencionales.

Dada la creciente necesidad de contar con procedimientos de certificación y normalización de materiales, sistemas y procesos constructivos, reglamentos y códigos de edificación que incluyan la construcción con tierra, se publicaron dos artículos:

- *Sustentabilidad de la construcción con tierra*. J. M. Evans, CT4, 2010.
- *Laboratorios participantes de la Red PROTERRA*. J. C. Patrone, CT4, 2010.

Se espera que en próximos números de la revista se presenten artículos sobre esta temática tan necesaria a la evolución de la arquitectura de tierra.

7. Actualizaciones

Trabajos basados en artículos presentados en congresos o en estudios anteriores, mejorados, ajustados y/o ampliados para *Construcción con Tierra 3*, fueron los siguientes:

- *Turismo y tierra cruda: algunas estrategias de un maridaje singular*. G. Pastor y Dra. E. Montaña, CT3 2007. Analiza la autenticidad de una construcción en constante renovación desde el punto de vista patrimonial, su imagen asociada a la pobreza y el patrimonio como elemento promocional turístico.
- *Aproximación al muro de adobe desde su espesor, estructura y costo*. F. Sota Baupres, CT3 2007. Estudio del comportamiento térmico de una construcción con tierra en la zona central de Chile, para identificar espesores óptimos y aceptables.
- *Sustentabilidad de micro emprendimientos productivos*. A. González, M. Pautaos y F. Benitez, CT3 2007. Plantea la importancia de desarrollar vínculos entre la universidad y emprendedores particulares en el marco del desarrollo social y la producción edilicia.
- *Identidad y expresión cultural. Arquitectura y tecnología en el Noroeste Argentino*. M. E. Sosa, CT3 2007. Plantea los desafíos actuales para una adecuada conservación del valioso patrimonio del Altiplano Argentino.

8. Notas e informaciones

Esta sección temática, de carácter informativo, tiene por objetivo difundir actividades relacionadas con este campo y las innovaciones que se desarrollan en distintos ámbitos, ampliando los conocimientos a través de distintas notas. De esta manera, algunos números de la publicación se cierran con comunicaciones sobre actividades, cursos, talleres y/o congresos desarrollados en distintos ámbitos, o notas sobre temas vinculados a arquitectura y construcción de tierra.

9. Reflexiones

El último número de la revista, CT5, incluye una nueva sección 'Reflexiones' de reconocidos especialistas: Dres. Graciela Viñuales, Jorge Tomasi, Jorge Ramos y Celia Neves.

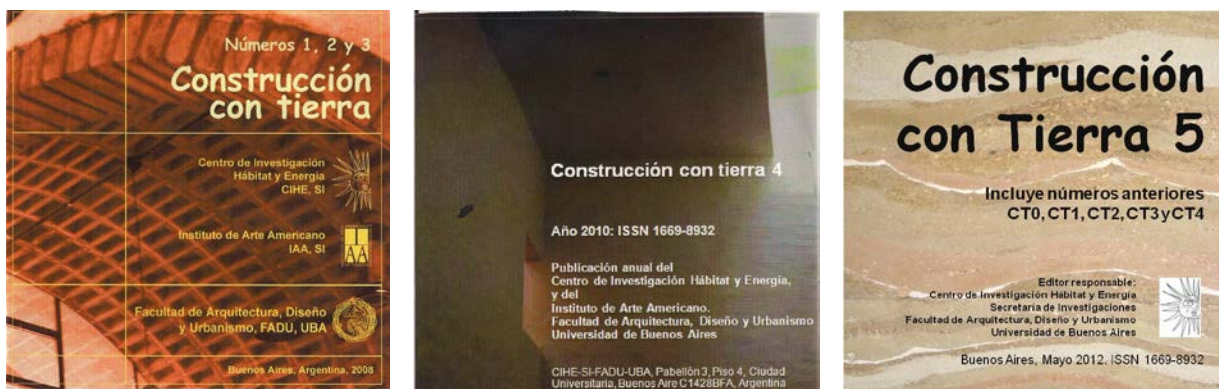


Figura 7. Tapas de la publicación *Construcción con Tierra*. CT-3 2008, CT-4 2010 y CT-5 2012

Conclusiones

La serie de cinco números continuados de la revista *Construcción con Tierra* ya ocupa un espacio sin estridencias aunque relevante en el pensamiento arquitectónico y la producción edilicia, la discusión científica y la difusión de innovaciones, obras, legislación y normativas, modificación del mercado de materiales, y reflexiones sobre aspectos sociales, ambientales y económicos, las que en forma conjunta contribuyen a dar cumplimiento a la imperiosa necesidad de difundir conocimientos y realizaciones integrando distintos ámbitos en algunos casos y especificando en otros, dentro y fuera del espacio académico, profesional y educacional o de capacitación de las arquitecturas de tierra.

La publicación y difusión de la arquitectura de tierra toma una nueva dimensión con la aparición y permanencia de esta revista, único medio especializado en arquitectura y construcción con tierra dentro del espacio Iberoamericano, esperando ampliarlo en los próximos números a ediciones bilingües castellano y portugués de modo de favorecer el acceso de valiosos trabajos e innovaciones que se están llevando a cabo en Brasil.

La permanente superación cualitativa y cuantitativa de la revista, con aportes técnicos y científicos de profesionales, investigadores y hacedores en este quehacer, la convierten en una herramienta de interés para encarar la ardua tarea pendiente de normalización y certificación necesaria, para equiparar las construcciones de tierra con otras de materiales convencionales, contribuir a la integración regional y albergar valiosos aportes, inquietudes y experiencias, cumplimentando tres roles fundamentales de la producción edilicia: el social, el económico y el ambiental en el marco de la sustentabilidad del hábitat construido.

Los editores invitan a investigadores, especialistas y profesionales abocados a la *Construcción con Tierra* a enviar artículos para los próximos números de la revista, mediante el proceso de evaluación del Comité Editorial y Comité Evaluador. Bienvenidos..!!

Reconocimientos

El Comité Editorial y el Centro de Investigación Hábitat y Energía, en su carácter de Editor Responsable de la Revista, agradecen el valioso aporte realizado por la RED PROTERRA por haber financiado el número inicial de la publicación e incluir desde entonces la serie completa en su página digital. A la Secretaría de Ciencia y Técnica de la Universidad de Buenos Aires, por incluir la financiación de los últimos cuatro números de la revista en los Proyectos de Investigación UBACyT con sede en el CIHE-SI-FADU-UBA.

Al Programa de Trabajo 'Arquitectura para un Futuro Sustentable', de la Unión Internacional de Arquitectos, Región 3 Las Américas, UIA-R3-AFS, por su aval al desarrollo de la temática superando los obstáculos de practicas convencionales.

Un reconocimiento especial merecen los autores que colaboraron con la Revista, confiando sus investigaciones, experiencias y discusiones, enviando los resultados de sus trabajos plasmados en los artículos, a las distintas convocatorias de la serie, y los miembros del Comité de Evaluación, por la desinteresada dedicación a la siempre difícil tarea de revisión y recomendaciones de artículos recibidos, realizada con profesionalismo y gran rigor científico.

A todos ellos, muchas gracias!

Referencias

CT0, *Construcción con Tierra: 1er Seminario Taller*, ISSN 1668-7159, Centro de Investigación Hábitat y Energía, FADU-UBA, Buenos Aires, Septiembre 2004.

CT1, *Construcción con Tierra 1*, ISSN 11669.8932, Centro de Investigación Hábitat y Energía, FADU-UBA, Buenos Aires, Diciembre 2005.

CT2, *Construcción con Tierra 2*, ISSN 11669.8932, Centro de Investigación Hábitat y Energía, FADU-UBA, Buenos Aires, Diciembre 2006.

CT3, *Construcción con Tierra 3*, ISSN 11669.8932, Centro de Investigación Hábitat y Energía, FADU-UBA, Buenos Aires, Diciembre 2007.

CT4, *Construcción con Tierra 4*, ISSN 11669.8932, Centro de Investigación Hábitat y Energía, FADU-UBA, Buenos Aires, Julio 2010.

CT5, *Construcción con Tierra 5*, ISSN 11669.8932, Centro de Investigación Hábitat y Energía, FADU-UBA, Buenos Aires, Abril 2012.

NOTAS

- 1 Responsables del proyecto y construcción de un prototipo experimental de vivienda social en Florencio Varela Prov. de Buenos Aires, Argentina, financiado por el municipio de esa localidad

AUTORES

Silvia de Schiller, Arquitecta por la Universidad de Buenos Aires realizó posgrados en Buenos Aires y los Países Bajos, es Doctora en Diseño Urbano por la Universidad de Oxford Brookes, Gran Bretaña. Profesora de Arquitectura en la FADU-UBA desde 1984, estableció el Centro de Investigación Hábitat y Energía en 1987. Especialista en sustentabilidad urbana, participa en redes internacionales de certificación en Edificación Sustentable y dirige el Programa de Trabajo Arquitectura para un Futuro Sustentable, Región 3 Las Américas, Unión Internacional de Arquitectos.

John Martin Evans, Arquitecto, graduado y docente de la Architectural Association Londres y Doctor en Arquitectura por la Universidad Tecnológica de Delft, Países Bajos. Profesor Titular de Arquitectura desde 1984 en la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de Buenos Aires, estableció el Centro de Investigación Hábitat y Energía en 1987 y el Laboratorio de Estudios Bioambientales. Consultor en arquitectura bioclimática y eficiencia energética, integra Comisiones de Normas IRAM Argentina en el desarrollo de normativas de eficiencia energética y construcción sustentable.

Juan Carlos Patrone, Arquitecto con posgrado en Diseño Bioambiental. Investigador del Centro de Investigación Hábitat y Energía CIHE-SI-FADU-UBA sobre el desempeño ambiental y energético de la construcción con tierra. Miembro de la Red Iberoamericana Proterra, dicta cursos en el Programa FI, Formación en Investigación, de la Secretaría de Investigaciones de la SI-FADU-UBA, y es profesional independiente en empresas y organismos estatales en proyecto, dirección y construcción

Rodolfo Rotondaro, Arquitecto UNMdP, Maestría CRATerre/UPAG (Francia). Investigador Independiente CONICET. Profesor y Director del Programa ARCONTI, Arquitectura y Construcción con Tierra, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de Buenos Aires. Miembro de la Red PROTIERRA Argentina y PROTERRA Iberoamericana. Consultor en proyectos y asesoramientos técnicos en construcción con tierra.



INFORMES DE LA CONSTRUCCIÓN 523. MONOGRÁFICO LA TIERRA MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN, PERSPECTIVAS DE FUTURO

Bestraten Castells, Sandra¹; Hormías Laperal, Emilio²

(1) Arquitecta, ETSAB, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona (España), 932637924,
sandra.bestraten@upc.edu

(2) Arquitecto, EPSEB, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona (España), 932637924, emilio.hormias@upc.edu

Palabras clave: Informes de la construcción, tierra, revista, arquitectura contemporánea, ejemplos

Resumen

Esta comunicación presenta una reflexión entorno a los contenidos del monográfico “La tierra, material de construcción”, correspondiente al volumen 63 y número 523 de la Revista Informes de la Construcción editada en el mes de julio de 2011 por el Instituto Eduardo Torroja de Ciencias de la Construcción IETcc - CSIC. Este documento recoge la actualidad de la arquitectura en tierra, incorporando las novedades tecnológicas del sector, las últimas investigaciones en universidades de varios países y los principales centros de referencia en el estudio de este campo. La publicación ha sido coordinada desde la Universidad Politécnica de Cataluña por los autores de la presente comunicación.

1. INTRODUCCIÓN

En enero de 1986 el Instituto Eduardo Torroja publica el monográfico “La tierra, material de construcción” volumen 37 y número 377 de la revista Informes de la Construcción. Aquel primer monográfico sobre la construcción con tierra, coordinado por el Dr. Ingeniero Julián Salas Serrano, se preguntaba sobre si era posible construir con tierra, ¿Construir con tierra?, ¿La tierra material de construcción? ¿La tierra objeto de investigación?

Aquel documento nos devolvió la memoria del pasado para abrirnos las puertas del futuro anticipándose en sus respuestas a criterios de sostenibilidad ambiental y social que hoy consideramos irrenunciables. Presentaba desde artículos de análisis científico-técnico de la tierra como material de construcción, a proyectos piloto como Le Domaine de la Terre, un conjunto de vivienda social experimental realizado en Isle d’Abeau, en las proximidades de Lyon (Francia). La tierra tiene futuro.

Han pasado los años, y la tierra ya forma parte del presente. Es por ello que desde la revista Informes de la Construcción, y en especial a iniciativa de su director Ignacio Oteiza, se impulsa la realización de un nuevo monográfico que refleje los avances y experiencias que se han dado en el mundo en la utilización de la tierra como material de construcción. Es gracias a este impulso que podemos consultar este monográfico en el enlace: <http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion>

El documento aquí referenciado es el que esta comunicación analiza. El prólogo del Dr. Ingeniero Julián Salas hace de enlace con el anterior monográfico y el presente, contextualizando los valores esenciales de “las tierras” para alcanzar el verdadero desarrollo de todos los pueblos.

2. OBJETIVO DE LA COMUNICACIÓN

El objetivo de esta comunicación es, en primer lugar, dar a conocer el estado del arte en relación a la tierra cruda como material de construcción y su presencia en la arquitectura contemporánea. Para ello se describen los criterios adoptados en la selección de autores y se analizan los contenidos de los diferentes artículos publicados en el número 523

Monográfico de Informes de la Construcción, con la voluntad de extraer conclusiones que se suman a las conclusiones de cada uno de los autores que participan en la publicación.

3. ESTADO DEL ARTE

Desde la coordinación del monográfico, la voluntad ha sido ofrecer una herramienta capaz de incentivar entre los profesionales de la edificación el uso de la tierra como material de construcción. Para ello se ha buscado una visión internacional que abarque todos los continentes dando especial importancia al conocimiento en profundidad de las últimas experiencias construidas y de laboratorio. Por ello se ha priorizado que los artículos incorporen información técnica referenciada que permita entender las diferencias de comportamiento entre las diferentes técnicas así como sus potencialidades específicas.

Para completar la voluntad pragmática del documento editado, el mismo dispone de unos anejos finales que incorporan a una parte importante de los centros de investigación existentes en el mundo y es de especial importancia el listado de empresas constructoras con experiencia en la ejecución de proyectos con tierra así como el contacto con las mismas.

Dando continuidad a los criterios expuestos anteriormente, la información publicada quiere ser un documento abierto en el que nuevos centros de investigación y nuevas constructoras se puedan ir incorporando para crear una base de datos que facilite el trabajo a aquellos promotores, técnicos y constructores con voluntad de incorporar la tierra en sus proyectos con el máximo conocimiento y rigor.

Para definir el guión de contenidos de la revista, se realizó un trabajo de documentación previo a la selección de artículos consistente en identificar a nivel nacional e internacional las entidades que estaban trabajando con el material tierra, desde instituciones o universidades a arquitectos que estaban utilizándola en sus proyectos.

El índice de la revista se estructura en cinco áreas temáticas:

Obra nueva construida en tierra

Restauración de edificios construidos en tierra

Caracterización mediante ensayos de laboratorio

Revestimientos

Normativas vigentes en los diferentes países

Al índice propuesto nos parecía importante añadir una nota técnica (Guillaud, 2011) que hiciera balance sobre la experiencia de CRATerre en el proyecto de vivienda social de los años ochenta en Domaine de la Terre en Isle d'Abeau, artículo que nos enlaza de forma directa con el monográfico de tierra de 1986, y nos permite evaluar su comportamiento en este intervalo de tiempo.

Desde el consejo de redacción de la revista Informes de la Construcción también se ha hecho un esfuerzo de edición, para incluir el máximo número de autores posible. Si un número convencional de Informes de la Construcción consta de 8 artículos, en el Monográfico se han incorporado 16 artículos, 7 de los cuales son de autores españoles y el resto de autores europeos, iberoamericanos y australianos, cumpliendo con una de las intenciones iniciales que era recoger la actualidad internacional entorno al material tierra.

Pese a este esfuerzo de edición, somos conscientes que los artículos publicados representan una pequeña relación de todas las personas que actualmente están trabajando en el estudio de la construcción con tierra. Es por ello que queremos dejar constancia y animarles a publicar sus trabajos en futuros números de la revista Informes de la Construcción, como mecanismo para actualizar de forma periódica los conocimientos entorno a la construcción con tierra.

4. TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS Y EJEMPLOS CONTEMPORÁNEOS DE CONSTRUCCIÓN CON TIERRA

Los artículos enfocados a divulgar las experiencias recientes en el campo de la construcción con tierra, dan perspectivas favorables de futuro.

En total, se citan en la publicación 71 edificios actuales de arquitectura de tierra, como muestra representativa de los incontables casos contemporáneos. 48 de los edificios comentados exponen ejemplos de obra nueva. El 69% de los edificios de obra nueva explicados en el monográfico se encuentran situados fuera del territorio español (Figura1).

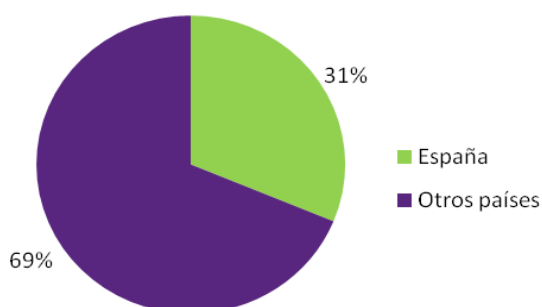


Figura 1. Porcentaje de edificios de obra nueva que aparecen en el monográfico 523 I.C. según ubicación.

Estos ejemplos se citan mayoritariamente en los dos artículos que encabezan la publicación. En el primer artículo (Bestraten et al, 2011), de los autores de esta ponencia, se ha puesto la mirada en el ámbito internacional y en las experiencias de los últimos años, incluyendo ejemplos tanto de sociedades muy tecnificadas como de otras que no lo están tanto. El segundo artículo, de Fermín Font y Pere Hidalgo (2011), autores con larga experiencia tanto en obra como en publicación, se centra en los ejemplos que durante los últimos años se pueden encontrar en el territorio español.

Se ha procurado mostrar en los ejemplos que las técnicas pueden abarcar construcciones de usos muy diversos, alejando la idea del material ligado únicamente a la vivienda unifamiliar. Es por ello que encontramos que un 50% de las nuevas construcciones que aparecen en el monográfico se refieren a equipamientos públicos. La mayoría de estos edificios públicos presentados en la monografía, han sido reconocidos con numerosos premios nacionales e internacionales.

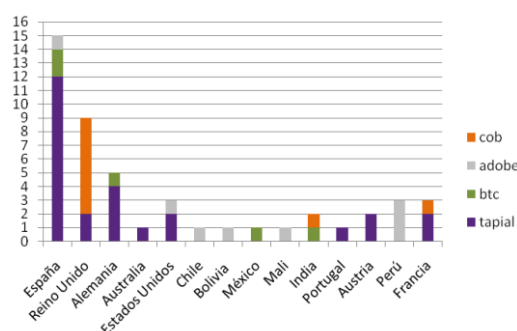


Figura 2. Número de edificios de obra nueva que aparecen en el monográfico 523 I.C. según ubicación y técnica empleada.

Las técnicas de construcción que se presentan recogen aquellas prácticas más usuales en los ámbitos objeto de estudio. Somos conscientes de la existencia de muchísimos más proyectos, en especial de vivienda en Latinoamérica y África, así como de la utilización de otras técnicas y prácticas que se tendrán que tener en consideración en futuros trabajos.

En obra nueva, el monográfico presenta 26 obras de tapia, que representa el 54% de los casos explicados (Figura 2). Esta técnica, ya sea por sus ciertas equiparaciones con el hormigón o por sus potencialidades de industrialización, así como su valor estético está ganando la confianza de técnicos en todo el mundo. Este hecho se ve demostrado en la proliferación de obras nuevas de tapia tanto de vivienda como de equipamientos públicos.



Figura 3. Centro Nacional del Vino, Adelaide, Australia. Fuente: University of Adelaide
Figura 4. Biblioteca Sublette County, Pinedale, Wyoming.EEUU Fuente: Carney Architects

Podemos apreciar la modernización de la tapia a nivel técnico pero también a nivel estético y formal (Figuras 3 y 4). La mayoría de estas innovaciones surgen del estudio Lehm Ton Erde, dirigido por Martin Rauch (2011), en Austria. A nivel formal y estético, encontramos realizaciones muy diversas tanto de elementos inclinados, grandes aberturas, muros con grandes alturas libres, trazos curvos, entre otros. Desde sus inicios, la innovación se enfoca hacia la estabilización y la compresión con medios mecánicos. A nivel estético, lo más extendido ha sido la adición de tierras coloreadas que aportan una vibración de gran fuerza tectónica. A nivel técnico, sus últimas investigaciones sobre la prefabricación de paneles de tapia (4), representan un acercamiento a la industrialización de esta técnica, aunque la poca demanda todavía no garantiza su viabilidad económica fuera del territorio austríaco (Figuras 5 y 6).



Figuras 5 y 6. Construcción prefabricada en tapia. Imprenta Gugler. Melk, Austria. Fuente: Martin Rauch

En porcentajes similares situados entre el 10% y el 20% se encuentran representados en el monográfico los ejemplos de edificios en cob, adobe y bloque de tierra comprimida. (Figuras 7 y 8).



Figura 7. Bodega Los Robles, San Fernando, Chile. Fuente: José Cruz Ovalle
Figura 8. Universidad Indígena de la Chiquitanía, Bolivia. Fuente: Sandra Bestraten y Emilio Hormias

La actualización de las construcciones de adobe, desde una perspectiva técnica, ha consistido en primer lugar en conseguir una mejora de la estabilidad de los edificios frente a los esfuerzos horizontales en áreas de riesgo sísmico (Figuras 9 y 10). Las experiencias paralelas de Marcial Blondet y su equipo de la Pontificia Universidad Católica (Blondet et al,

2011) y Raquel Barrionuevo (2011) y su equipo de la Universidad Nacional de Ingeniería, ambas en Perú, reflejan los avances a nivel de estructura vertical y cubiertas, con la necesidad añadida de un coste económico mínimo.



Figura 9. Módulo reforzado para ensayos de simulación sísmica. Lima, Perú. Fuente: Marcial Blondet
Figura 10. Techo de Domocaña en Vivienda de Humay. Fuente: Raquel Barrionuevo

En cuanto a la técnica del cob, las nuevas realizaciones de Linda Watson y Kevin McCabe (2011) desde la University of Plymouth, en el Reino Unido, y las experiencias de cooperación en la India de la Universidad de Arte de Linz, Austria, (Figuras 11 y 12) invitan a experimentar con la plasticidad de esta técnica para crear edificios con formas orgánicas que aúnan tradición y futuro.



Figura 11. Pabellón de Servicios del Eden Project, Cornwall, Reino Unido. Fuente: Abey Smallcombe.
Figura 12. Handmade School en Rudrapur, India. Fuente: BASE-habitat

En el caso de los bloques de tierra comprimida (Figuras 13 y 14), al ser objeto de fácil industrialización, el mayor avance lo encontramos en el abundante número de regulaciones en todo el mundo, recogidas en el artículo de Jaime Cid y su equipo de la Universidad Politécnica de Madrid (Cid et al, 2011), relativas a las especificaciones de los bloques, explicando las características geométricas, dimensionales y de composición.

Al tratarse de un material de mampostería, el bloque de tierra comprimida permite trabajar también a nivel de cubiertas. Vemos como ejemplo el caso de la impresionante bóveda de Auroville, una realización del Auroville Earth Institute, centro referente de aplicación de esta técnica en la India desde 1989.



Figura 13. Centro para Gente Invidente, ciudad de México, México. Fuente: Mauricio Rocha.
Figura 14. Sala polivalente de la Escuela Deepanam, Auroville, India. Fuente: Auroville Earth Institute

5. RESTAURACIÓN, CRITERIOS Y TÉCNICAS DE INTERVENCIÓN

Para acercarnos a la actualidad de las técnicas de intervención sobre el patrimonio arquitectónico construido en tierra, Luis Maldonado y Fernando Vela-Cossío (2011), de la Universidad Politécnica de Madrid, nos introduce en la historiografía existente como primer paso para la puesta en valor de los rasgos distintivos de la conservación y restauración de la arquitectura en tierra.

Si bien la publicación tiene una voluntad internacional, los artículos presentados en esta sección muestran un 74% de casos en España. Desde la Universidad Politécnica de Valencia, Camila Mileto y Fernando Vegas (2011) inciden en el estudio de los criterios y las técnicas de intervención, no solamente con soluciones técnicas, sino también de integración de la actuación en el propio monumento (Figuras 15 y 16).



Figura 15. Restauración del Castillo de Nogalte. Murcia, España. Fuente: J.M. López Osorio.

Figura 16. Restauración de la torre de Bofilla de Bétera. Valencia, España. Fuente: Mileto y Vegas (2001)

El tercer artículo de este bloque hace referencia a una metodología para el análisis de lesiones y a las recomendaciones de intervención sobre el patrimonio construido en tierra. El equipo de Miguel Ángel Rodríguez, desde la Universidad de Oviedo, contribuye al conocimiento específico sobre la identificación de lesiones en los edificios de tierra del centro histórico de la Habana (Rodríguez et al, 2011), para lograr una óptima intervención en función de la patología caracterizada.

6. CARACTERIZACIÓN DE LAS CONSTRUCCIONES MEDIANTE ENSAYOS

La importancia de la caracterización mediante ensayos de las técnicas de construcción con tierra recae en la necesidad de verificar frente a la comunidad científica los conocimientos tradicionales, ofrecer datos de que puedan llegar a certificar las propiedades de los materiales y de éste modo, ganar la confianza de técnicos y profesionales. A su vez, permite avanzar en la introducción de innovaciones en la composición de los materiales que pueden suponer una optimización de las técnicas.

En el campo de la investigación científica, se presentan tres artículos tratando áreas temáticas complementarias.

El primer artículo hace referencia a la relación entre el proceso de secado y la adquisición de resistencia de los muros de tapia. Desde la Bauhaus University de Weimar, Alemania, Horst Schroeder (2011) analiza la importancia del contenido inicial de humedad de las diferentes probetas ensayadas así como la disparidad de resultados según la composición de la mezclas, subrayando la heterogeneidad de las tierras como material de construcción. El artículo obtiene entre otras conclusiones que, en el caso de la tapia, la resistencia característica se obtiene tras 90 días de secado a diferencia de los 28 días del hormigón.

El comportamiento a nivel térmico de las construcciones de tapia es objeto de estudio en el segundo artículo de este bloque. Este tema nos parece de gran actualidad ya que el Código Técnico de la Edificación exige, en las disposiciones de eficiencia energética, unos valores de transmisión térmica para los paramentos verticales difíciles de cumplir sin añadir capas de aislamiento específico a los muros de tierra. Desde la University of Technology en Sidney, Australia, Kevin Heathcote (2011) analiza los distintos procedimientos que afectan al confort interior y se muestra muy crítico con los valores de las edificaciones de tierra. Concluye que un buen diseño pasivo junto a los beneficios de la inercia térmica pueden suplir la falta de aislamiento térmico ya que consiguen en verano unas condiciones de confort superiores a las de las construcciones convencionales. Aun así, reconoce las deficiencias a nivel de transmitancia térmica que suponen una desventaja durante el invierno.

Finalmente en torno a la caracterización mecánica de las construcciones de adobe, encontramos un nuevo estudio realizado por el equipo de Humberto Varum, en la Universidad de Aveiro, Portugal, que ofrece una metodología de análisis para la obtención de valores mecánicos característicos con mucho rigor (Varum et al, 2011). Este estudio, además, complementa las investigaciones a nivel sísmico en Europa.

7. TÉCNICAS DE REVESTIMIENTO

Las novedades más significativas que recoge el monográfico en el ámbito de la consolidación y revestimiento de los muros de tierra consisten en la descripción de Francisco Javier Castilla (2011), desde la Universidad de Castilla la Mancha, sobre la proliferación de nuevos productos industriales de protección frente a los agentes erosivos. El autor incide en la importancia que supone que estos nuevos productos estén basados en los criterios de compatibilidad con el soporte y transpirabilidad.

Debemos destacar también la aportación de uno de los autores más prestigiosos en el ámbito de la construcción con tierra. Gernot Minke (2011), desde la Universität Kassel, Alemania, nos presenta uno de sus últimos trabajos de investigación, en este caso, acerca de los revocos de barro. Analiza las propiedades decisivas para la elección de un revoque de tierra: la retracción, abrasión, erosión y absorción de humedad. Corroborra en un estudio de más de 30 muestras con composiciones diferentes, que los revocos con partículas de paja presentan una mínima retracción y abrasión y que el aceite de linaza es tan efectivo como la cal o el cemento para la protección contra la erosión de la lluvia.

8. ENTIDADES DE INVESTIGACIÓN, FORMACIÓN Y CONSTRUCCIÓN ALREDEDOR DE LA ARQUITECTURA EN TIERRA

Con el propósito de acercar el conocimiento técnico a todo profesional interesado en la construcción con tierra, se decidió incorporar un listado que incluye 148 asociaciones, instituciones y centros de formación sobre la materia, 73 de ellas situadas en Europa.

Oceanía es un claro ejemplo del crecimiento de la construcción con tierra contemporánea. Con 18 empresas constructoras especializadas en tapia, asociadas en 3 instituciones de profesionales, conformando uno de los grupos organizados emergentes del ámbito de la construcción con tierra.

Este listado, aunque seguramente faltan incorporar en él diversos grupos y empresas no detectados, sirve para tomar conciencia del estado del arte y sobre todo establecer vínculos entre los profesionales y las entidades que ya tienen experiencia en este campo. Por proximidad, esta búsqueda se ha concentrado en nuestro territorio (Figura17).

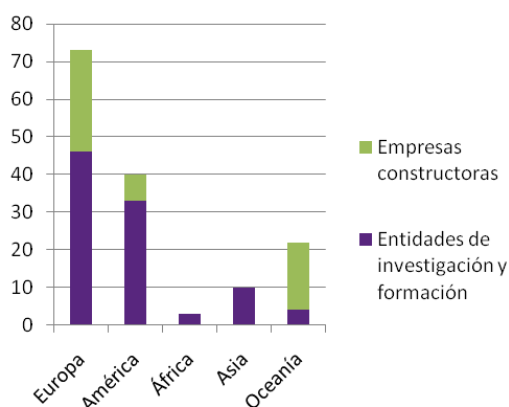


Figura 17. Número de empresas constructoras y entidades de investigación y formación que aparecen en el monográfico 523 I.C. según su ubicación

En América, África y Asia tenemos constancia de la existencia de empresas con experiencia en construcción con tierra pero en general pertenecen al sector informal cosa que dificulta su incorporación en la publicación.

9. CONCLUSIONES

Tras el análisis de los artículos publicados en el volumen 63 número 523 de Informes de la Construcción, monográfico La tierra, material de construcción, podemos observar como primera conclusión que las numerosas construcciones encontradas demuestran una libertad expresiva, de las composiciones arquitectónicas actuales, más allá del mimetismo vernáculo. Este hecho demuestra la solvencia no únicamente técnica, sino también estética, de “las tierras” como material de construcción en la primera década del siglo XXI.

Se han producido grandes avances desde aquel primer monográfico que comentábamos en la introducción. La información aportada en este nuevo monográfico constituye un referente de las posibilidades que ofrecen hoy en día estas técnicas.

Este resurgir como material no se localiza en un área geográfica concreta y observando que su uso claramente en expansión entre los países desarrollados, propiciado por la necesidad de buscar alternativas que nos permitan acercarnos a una arquitectura realmente sostenible. Desde esta perspectiva, la tierra puede darnos algunas respuestas. Este hecho ha de propiciar una recuperación de la identidad constructiva en los países en vías de desarrollo, tan atentos a lo que pasa en los países tecnificados.

Aunque se han consolidado algunos procesos de normalización, estos se dan casi exclusivamente en el Bloque de Tierra Comprimida BTC, y hay que seguir trabajando en lograr la regulación de otras de las técnicas actualmente en uso. Para ello es básico realizar investigaciones que permitan establecer protocolos de control de ejecución de obra y de control de calidad del material resultante, este realizado in situ o prefabricado.

En el caso concreto de la rehabilitación, es habitual encontrarse el material tierra en las intervenciones. Por ello, es imprescindible establecer criterios de análisis, peritaje e intervención. Sería interesante incorporar herramientas de caracterización mecánica mediante ensayos no destructivos, similares a las utilizadas en el análisis de otros materiales como el hormigón o la madera. Ya sea para la determinación de la resistencia de una fábrica en un edificio patrimonial a rehabilitar, como en una tapia de obra nueva; esta caracterización permitiría mejorar las decisiones de intervención así como asegurar la calidad de la obra ejecutada.

Es necesario profundizar en la viabilidad de la producción industrializada que ayude a mejorar la calidad del producto y a reducir costes de ejecución.

Se requiere la cuantificación de la aportación de las técnicas de construcción en tierra a la sostenibilidad en edificación, desde las emisiones de CO2 durante la ejecución o la ausencia de productos contaminantes, a sus virtudes poco exploradas como la inercia térmica.

La continuidad en el proceso ya iniciado de innovación constructiva y material, permitirá encontrar soluciones que se aproximen a las necesidades habitacionales y ambientales del hábitat humano. Muchas de estas conclusiones son compartidas por los artículos editados en el monográfico La Tierra, Material de Construcción. Es por ello que como conclusión final queremos alentar a todos los que ven en la tierra un material de futuro, seguir investigando desde las universidades y centros de investigación, y ampliar los conocimientos y horizontes de la construcción con tierra presentando sus resultados en los canales de divulgación científico-técnicos abiertos a este campo del conocimiento, como es la revista Informes de la Construcción.

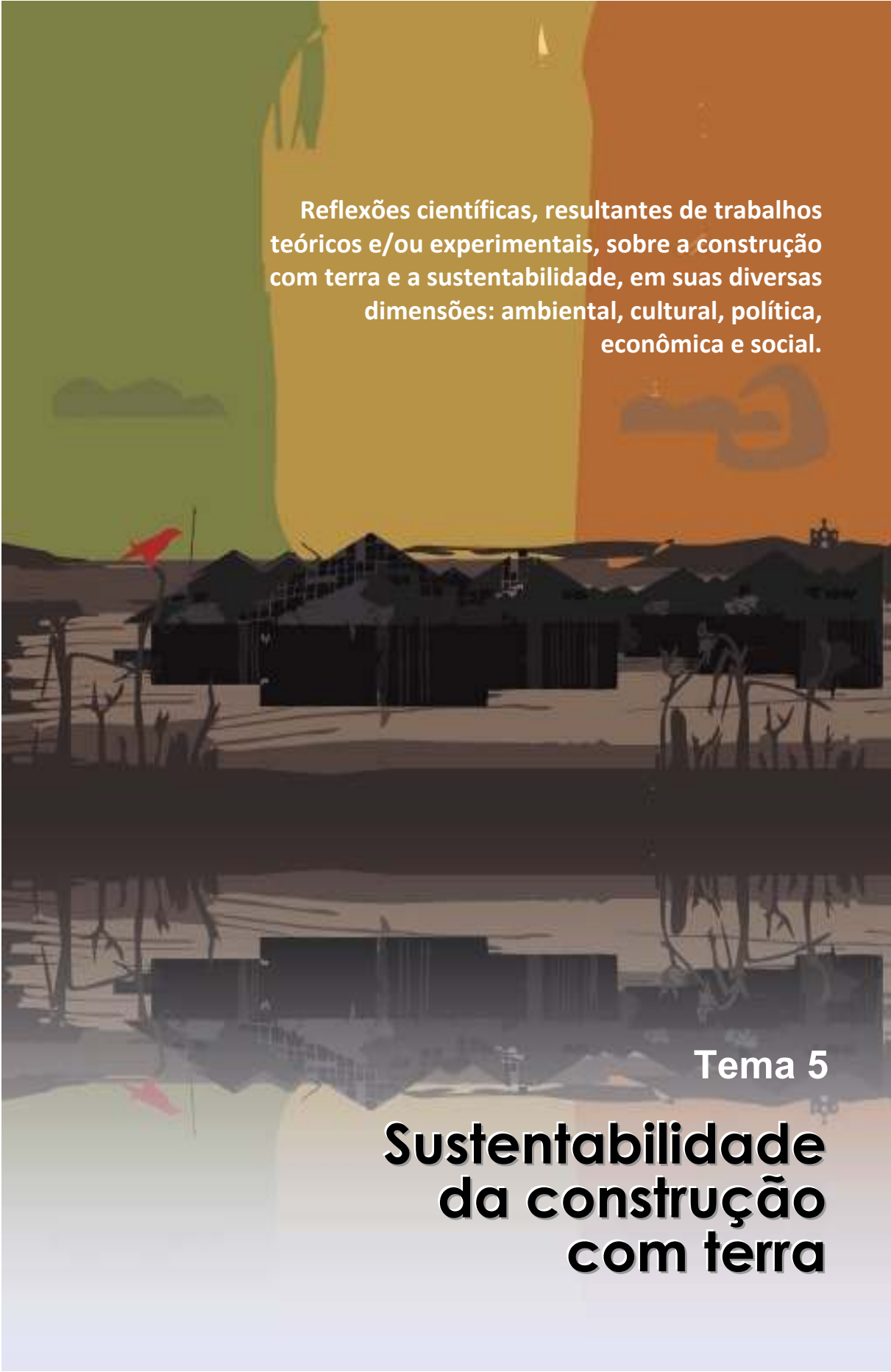
BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Guillaud, H. (2011). Domaine de la Terre en Villefontaine (Isère, France) : balance de una experiencia ejemplar. *Informes de la Construcción*, 63(523): 171-174 doi: 10.3989/ic.10.0012.
- Bestraten, S., Hormías, E., & Altemir, A. (2011). Construcción con tierra en el siglo XXI. *Informes de la Construcción*, 63(523): 5-20 doi: 10.3989/ic.10.046.
- Font, F., Hidalgo, P. (2011). La tapia en España. Técnicas actuales y ejemplos. *Informes de la Construcción*, 63(523): 21-34 doi: 10.3989/ic.10.015.
- Rauch, M., von Mag, A. (2011). Paredes de tapial y su industrialización. *Informes de la Construcción*, 63(523): 35-40. doi: 10.3989/ic.10.013.
- Blondet, M., Vargas, J., Tarque, N., & Iwaki, C. (2011). Construcción sismorresistente en tierra: la gran experiencia contemporánea de la Pontificia Universidad Católica del Perú. *Informes de la Construcción*, 63(523): 41-50 doi: 10.3989/ic.10.017.
- Barrionuevo, R. (2011). Investigación tecnológica aplicada: Domocaña. *Informes de la Construcción*, 63(523): 51-58 doi: 10.3989/ic.10.025.
- Watson, L., McCabe, K. (2011). The cob building technique. Past, present and future. *Informes de la Construcción*, 63(523): 59-70 doi: 10.3989/ic.10.0018.
- Cid, J., Mazarrón, F.R., & Cañas, I. (2011). Las normativas de construcción con tierra en el mundo. *Informes de la Construcción*, 63(523): 159-169 doi: 10.3989/ic.10.0011.
- Maldonado, L., Vela-Cossío, F. (2011). El patrimonio arquitectónico construido con tierra. Las aportaciones historiográficas y el reconocimiento de sus valores en el contexto de la arquitectura popular española. *Informes de la Construcción*, 63(523): 71-80 doi: 10.3989/ic.10.0062.
- Mileto, C., Vegas, F., & López, J.M. (2011). Criterios y técnicas de intervención en tapia. La restauración de la torre de Bofilla en Bétera (Valencia). *Informes de la Construcción*, 63(523): 81-96 doi: 10.3989/ic.10.0014.
- Rodríguez, M.A., Monteagudo, I., Saroza, B., Nolasco, P., & Castro, Y. (2011). Aproximación a la patología presentada en las construcciones de tierra. Algunas recomendaciones de intervención. *Informes de la Construcción*, 63(523): 97-106 doi: 10.3989/ic.09.0007.
- Schroeder, H. (2011). Moisture transfer and change in strength during the construction of earthen buildings. *Informes de la Construcción*, 63(523): 107-116 doi: 10.3989/ic.10.0023.
- Heathcote, K. (2011). The thermal performance of earth buildings. *Informes de la Construcción*, 63(523): 117-126 doi: 10.3989/ic.10.0024.
- Varum, H., Figueiredo, A., Silveira, D., Martins, T., & Costa, A. (2011). Investigaciones realizadas en la Universidad de Aveiro sobre la caracterización mecánica de las construcciones existentes en adobe en Portugal y propuestas de rehabilitación y refuerzo. Resultados alcanzados. *Informes de la Construcción*, 63(523): 127-142 doi: 10.3989/ic.10.0016.
- Castilla, F.J. (2011). Revestimientos y acabados superficiales en construcciones con tierra contemporáneas. *Informes de la Construcción*, 63(523): 143-152 doi: 10.3989/ic.10.0019.
- Minke, G. (2011). Shrinkage, abrasión, erosion and sorption of clay plasters. *Informes de la Construcción*, 63(523): 153-158 doi: 10.3989/ic.10.0020.

OTRAS BIBLIOGRAFÍAS

Anger, Roman; Fontaine, Laetitia. *Bâtir en terre*. Editions Belin. Paris, 2009

- Dethier, Jean. *Arquitecturas de Terra*. Fundação Calouste Gulbenkian, Centro de Arte Moderna José de Azeredo Perdigão. Lisboa, 1993.
- Font, Fermín; Hidalgo, Pere. *Arquitectures de tàpia*. Col·legi Oficial d'Aparelladors i Arquitectes tècnics de Castelló. Castelló de la Plana, 2009.
- Maldonado, Luis; Vela Cossio, Fernando; De Hoz Jaime. *Diccionario de construcción tradicional*. Tierra. Editorial Nerea. Madrid, 2003.
- Minke, Gernot. *Manual de construcción con tierra*. Ediciones Ecohabitar. Teruel, 2010.
- Rael, Ronald. *Earth Architecture*. Princeton Architectural Press. Nueva York, 2009.
- Rauch, Martin – Kapfinger, Otto. *Rammed Earth, Lehm und Architektur*. Ed. Birkhäuser. Basel, 2001.
- Regueras, Fernando. *Más es menos. Construir en barro. Una arquitectura de futuro*. Actas de las IV Jornadas de Estudio. Benavente, 2009.
- V.V.A.A. *La tierra, material de construcción*. Volumen 63, nº523. *Informes de la Construcción*. Madrid, 2011.
- V.V.A.A. (1987) *La tierra, material de construcción*. Monografía nº 385/386 Instituto de Ciencias de la Construcción E. Torroja. Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). Madrid, 1987.
- V.V.A.A. *La tierra, material de construcción*. Volumen 37, nº 377. *Informes de la Construcción*. Madrid, 1986.
- V.V.A.A. *Arquitectura de tierra*. Encuentros Internacionales de Navapalos. Centro de Publicaciones Ministerio de Fomento. Madrid, 1998.
- V.V.A.A. *Earthen structures*. International Symposium 22-24 August 2007. Bangalore, India. BV Venkatarama Reddy, Monto Mani. Bangalore, 2007.
- V.V. A.A. *Terra Incognita*. Editorial Argumentum. Lisboa, 2008.
- WALKER, Peter; Keable, Rowland; Martin, Joe; Maniatidis, Vasilios. *Rammed Earth. Design and construction guidelines*. Ed. BRE Bookshop. Watford, 2005.



Reflexões científicas, resultantes de trabalhos teóricos e/ou experimentais, sobre a construção com terra e a sustentabilidade, em suas diversas dimensões: ambiental, cultural, política, econômica e social.

Tema 5

Sustentabilidade da construção com terra

**TERRABRASIL****2012**IV Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil
07 a 10 de agosto de 2012 | Fortaleza -Ceará

A ATUAL TENDÊNCIA DA CONSTRUÇÃO NO BRASIL E SEUS REFLEXOS PARA A ARQUITETURA E CONSTRUÇÃO COM TERRA

Villaça, Ana Cristina

Arquiteta e Urbanista– Rede TerraBrasil, Rede Iberoamericana PROTERRA, Grupo de Estudos de Hidrologia e Planejamento de Recursos Hídricos (GRHIP) / UERJ. e-mail: anavillaça@gmail.com

Palavras-chave: sustentabilidade, eficiência energética, certificação, construção com terra

Resumo

Nos últimos anos, percebe-se uma tendência de produção de edificações que incorporem diretrizes de sustentabilidade e eficiência energética como diferencial para atrair uma clientela mais consciente e preocupada com questões ambientais. Em se tratando de edificações corporativas, a busca por certificações ambientais, que garantam estas características de sustentabilidade, aumenta de forma exponencial, movimentando a ainda pequena parcela de engenheiros e arquitetos que estão capacitados para atender a estas crescentes demandas. Este artigo não tem a pretensão de aprofundar, ou concluir, as questões sobre certificações ambientais, eficiência energética e sustentabilidade nas edificações, mas lançar uma luz sobre estas tendências, para debater de que forma os profissionais que se dedicam à arquitetura e construção com terra podem se inserir neste cenário emergente, divulgar as potencialidades da terra como material de construção viável na atualidade, capaz de atender aos requisitos de conforto e eficiência energética e sustentabilidade no atual contexto de transição no cenário da construção civil.

1. INTRODUÇÃO

O estilo de vida norteamericano dos anos de 1950 ditou as bases do atual modo de consumo no mundo. O arranque desenvolvimentista, com visão antropocêntrica, admitia que qualquer desequilíbrio ambiental pudesse ser resolvido pela tecnologia. Esta visão amadureceu, e já nas últimas décadas deste mesmo século, passou a uma visão sistêmica, em que o homem se insere no contexto dos mecanismos de desenvolvimento, enquanto executor e também vítima da grande pressão que a produção e o consumo exercem sobre o meio ambiente, pois a capacidade de suporte e os níveis de resiliência¹ do meio ambiente já foram extrapolados. As atuais e crescentes necessidades que surgem diante da questão da sustentabilidade, remetem às considerações iniciais de Ignacy Sachs, que há pouco mais de trinta anos esboçou as primeiras ideias para a noção de desenvolvimento sustentável e seus cinco aspectos: ecológico, econômico, social, ambiental e territorial, inaugurando um novo paradigma para o desenvolvimento. No final da década de 1980 e início de 1990, as questões de sustentabilidade chegaram à agenda da arquitetura e urbanismo internacionais, com ênfase para a crise energética, somado às previsões de crescimento populacional, gerando demanda por todo tipo de recursos (Gonçalves; Duarte, 2006).

A construção civil é uma das atividades produtivas mais impactantes ao meio ambiente, com elevados impactos ambientais na extração de grandes quantidades de matérias-primas não-renováveis, de altos consumos energéticos e elevadas emissões de gases responsáveis pelo efeito de estufa (GEE). O setor da construção civil envolve processos intensivos em energia, geradores de poluição e, por se concentrar nas regiões sul e sudeste, cerca de 80% energia utilizada em uma construção é consumida na produção e transporte de materiais. Estima-se que a construção civil consuma algo entre 20% e 50% do total de recursos naturais consumidos pela sociedade (Sjöström, 1996 *apud* John, s/d).

Para atender aos requisitos de sustentabilidade do cenário atual, diferentes iniciativas vêm ocorrendo. Os setores produtivos vêm buscando modos de produção e desenvolvimento, onde haja menos pressão sobre os recursos naturais.

Na União Europeia, por exemplo, as metas fixadas para reconversão em médio prazo de 30% do parque edificado são para a redução de 50% no consumo de energia e diminuição de 40% na produção de resíduos, redução em 30% a utilização de matérias-primas, utilizando materiais de construção 100% recicláveis; e a reutilização integral de resíduos de construção e demolição. Já em longo prazo, até 2050, para a construção de novos edifícios, estima-se que seja sem emissão de CO₂, e a reconversão das edificações construídas até 2005 (novas), tenham a redução de 50% de consumo de energia e de 75% das emissões de CO₂. (Torgal; Jalali, 2011).

No Brasil os impactos ambientais negativos se configuram no desperdício de materiais na montagem da construção, uso intensivo de recursos naturais não-renováveis nos processos produtivos, retrabalho. Para reverter este quadro, é necessário produzir melhor com menos desperdício de material e energia; minimizar a produção de resíduos e poluentes; introduzir o reaproveitamento de materiais; sempre que possível; utilizar tecnologia de baixo impacto ambiental e fontes alternativas de energia; repensar o uso da água (reaproveitamento de águas cinzas e marrons); utilizar de estratégias bioclimáticas nas edificações; maximizar a iluminação natural; melhorar a qualidade do ar interno; e preservar as áreas verdes e nativas. A mensuração destas ações tornou-se possível com metodologias de avaliação da qualidade ambiental das construções.

A popularização das redes sociais, no Brasil, causou maior acesso à informação, especialmente as de cunho ambiental, onde se inserem as informações sobre construções sustentáveis. O reflexo se apresenta no comportamento dos consumidores, que têm se tornado mais sensibilizados para a causa ambiental, e buscam contribuir como lhes é possível. Uma destas formas é a busca por construções sustentáveis, o que aumenta a demanda pelas certificações. No meio urbano, a complexidade se encontra na sua gênese e isso torna as questões ainda mais difíceis de tratar, devido à concentração populacional, ao tipo de construção verticalizada e às normativas que regulam estas relações. Assim, o termo “sustentável” começa a surgir nas propagandas imobiliárias, pois existe uma demanda crescente.

O conceito de construção sustentável é volátil, pois sua formação é baseada em diferentes critérios. De modo geral, é a construção que busca o uso de materiais locais, reciclados e recicláveis; usa técnicas vernaculares e/ou tecnologias testadas e certificadas; tira vantagem do clima e do entorno para reduzir o consumo de energia e de água; procura não produzir lixo, mas transforma os resíduos ali produzidos em insumos que voltam para a cadeia produtiva; transforma terrenos degradados em infraestrutura verde; usa o paisagismo funcional, além do estético, dentre outras estratégias possíveis (IDHEA, 2012). Assim, não se pode tomar apenas um ou outro destes critérios e descartar os demais. Mesmo aquelas edificações que produzem toda a energia que consomem, podem causar impactos em algum momento do seu ciclo de vida. Assim, a interdisciplinaridade do conceito de “construção sustentável” implica que conhecimentos até então compartimentados devem ser integrados em uma visão sistêmica do processo.

Na complexidade do tratamento da sustentabilidade no meio urbano, podem ser considerados alguns aspectos como a cadeia produtiva da construção civil, o marco regulatório, o mercado consumidor, e as tecnologias construtivas praticadas. No contexto cultural de projetistas e consumidores, os edifícios deixam de ser avaliados somente pela sua localização, padrão construtivo, estética e passa a incorporar critérios como os acima listados, gerando valor agregado para a construção. Desta forma, cresce a valorização de novos requisitos para a construção que não são mais os tradicionais. Para poder fazer frente às novas exigências de mercado, surgem neste cenário as certificações da qualidade ambiental das construções.

2. SISTEMAS DE CERTIFICAÇÃO DE EDIFICAÇÕES

As preocupações com os impactos ambientais gerados pelos edifícios, durante as fases de planejamento, construção, e operação, são cada vez maiores. Para mensurar estas magnitudes foram criados sistemas e metodologias de avaliação e certificação para o desempenho ambiental das edificações. Para isso, é feita uma avaliação sobre o grau de sustentabilidade dos edifícios, baseada em critérios específicos de cada metodologia que avalia a gestão ambiental das obras e as especificidades técnicas e arquitetônicas. Em cada país ou região, estas metodologias consideram as peculiaridades de sua cultura, clima, sistemas construtivos e sistema de gestão pública. Destas metodologias, as que são mais praticadas no Brasil são o LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*) norte-americana, e a AQUA (Alta Qualidade Ambiental), adaptação da HQE (*Haute Qualité Environnementale*) francesa.

A construção civil brasileira, em face à tendência da certificação ambiental, também vem se adequando às exigências da qualidade, desde o Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H), instrumento do governo federal, para atender ao compromisso assumido quando da assinatura da Carta de Istambul, na Conferência do Habitat II, em 1996. Este programa tem como meta organizar o setor da construção civil quanto à melhoria da qualidade e a modernização produtiva, interferindo na qualidade do produto final nos diferentes setores produtivos como: esquadrias, elementos de vedação, cerâmica vermelha, e outros. Já o Sistema Nacional de Avaliação Técnica (SINAT) (Brasil, 2007) tem como meta analisar o desempenho de produtos não abrangidos por normas técnicas direcionados para a inovação tecnológica em construção civil, e harmonização de procedimentos para a avaliação de novos produtos, provisoriamente, enquanto não existem, ainda, normas técnicas prescritivas (Coelho, 2007).

A *International Standard Organization* (ISO) lançou a série 14000 de normas de gestão ambiental, tendo como principal norma a ISO 14001 que tem como foco a proteção ao meio ambiente e a prevenção à poluição associada às atuais e crescentes necessidades socioeconômicas em todo o mundo. A série possui normas que orientam sobre auditorias ambientais, a análise do ciclo de vida de produtos, as formas aceitáveis de rotulagem ambiental e modos de inclusão dos aspectos ambientais na concepção e projeto de novos produtos. No Brasil, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é o único Foro Nacional de Normalização. O conteúdo das normas é de responsabilidade dos Comitês Brasileiros (ABNT/CB), dos Organismos de Normalização Setorial (ABNT/ONS) e das Comissões de Estudo Especiais (ABNT/CEE), que são elaboradas por Comissões de Estudo (CE) formadas por representantes dos setores envolvidos, delas fazendo parte: produtores, consumidores e neutros (universidades, laboratórios e outros) (ABNT, s/d).

A certificação ambiental confere credibilidade à obra, pois o certificado demonstra o desempenho do edifício e os esforços feitos para a redução do consumo de água, energia, CO₂ e matérias-primas não-renováveis, para a melhoria da qualidade de vida das pessoas envolvidas, e garante que o empreendimento adota medidas sustentáveis e ecologicamente corretas tanto na obra como no seu ciclo de vida. A qualidade ambiental de uma edificação tem relação direta com o nível de desenvolvimento tecnológico de um país, e a escolha de uma metodologia de certificação ambiental para construções deve considerar as peculiaridades deste país; suas técnicas, tecnologias e materiais utilizados no processo construtivo; além dos processos da fase de projeto. Estudos de metodologias de certificação da qualidade das edificações, com ênfase na qualidade ambiental têm início na década de 70 do século passado. Atualmente demonstram avanços que se estendem desde a produção do espaço construído, às necessidades de preservação dos recursos naturais disponíveis, privilégio ao conforto térmico e eficiência energética, sem o prejuízo do processo de produção, visando à sustentabilidade. Porém, parte da informação necessária para melhorar a qualidade da análise é precária ou de difícil acesso, pois são dados produzidos por empresas particulares do setor da construção civil, que se valem do sigilo

empresarial (patentes de produtos ou de processos) para não expor seus processos produtivos.

No Brasil, as primeiras metodologias de certificação de edificações praticadas foram a LEED e a HQE, que, adaptadas, deram origem à certificação AQUA. No início, aplicadas em edificações comerciais, cuja tecnologia construtiva é semelhante àquelas praticadas em seus países de origem e não exigiam tantas adaptações como para as edificações habitacionais. Estas certificações ocorrem nas etapas de projeto e construção e não interferem com o processo de produção dos materiais disponíveis no mercado.

2.1. A certificação LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*)

Desenvolvida nos Estados Unidos pelo *Green Building Council (GBC)*, teve o primeiro selo concedido no Brasil, e na América Latina, em julho de 2007. No processo de certificação LEED2009, para construções novas, a construção é classificada por tipo de obra ou função, e recebe pontuações (tabela 1) pelo estudo do ciclo de vida de seus componentes, e pré-requisitos obrigatórios que garantam desempenho mínimo necessário às edificações, como: eficiência energética, uso racional da água, energia e atmosfera, materiais e recursos, qualidade ambiental interna, espaço sustentável, prioridade regional, e inovações em design, que minimizam os impactos ambientais durante a montagem ou construção e durante o ciclo de vida útil da edificação. No entanto, há pressupostos e critérios – relacionados à legislação, clima e fontes de energia, por exemplo – que nem sempre condizem com o nosso país.

Tabela 1. Pontuação para certificação LEED

Bronze	Prata	Ouro	Platina
40–49 pontos	50–59 pontos	60–79 pontos	80 pontos ou +

Embora o estudo das certificações seja tema crescente nesta última década, não houve um amplo debate inicial, em nível nacional, com a participação dos atores envolvidos no processo: o produtor/fornecedor de insumos da construção civil, os escritórios de arquitetura e engenharia envolvidos com os projetos, os escritórios e empresas construtoras/montadoras, os sindicatos dos trabalhadores em construção civil, os investidores/financiadores em/de novos empreendimentos (habitacionais, por exemplo) o consumidor/cliente final e os usuários da construção. Assim, a certificação LEED foi pouco, debatida de forma ampla com os atores envolvidos e seus interesses muitas vezes conflitantes. Sua metodologia foi rapidamente aplicada em edificações comerciais, para suprir a demanda de um cenário corporativo ávido por edificações certificadas.

2.2. A Certificação AQUA (Alta Qualidade Ambiental)

Apresentada em 2008 para edifícios habitacionais e em operação, é fundamentada na metodologia francesa HQE (*Haute Qualité Environnementale*). A escolha desta metodologia para embasar a metodologia brasileira foi em função da maior abrangência, profundidade e identificação com as questões ambientais no Brasil. A metodologia AQUA tem seu foco na preservação de recursos, na limitação da poluição e na redução dos resíduos. Propõe que sejam atingidos 14 critérios de sustentabilidade (relações harmoniosas das edificações com o entorno imediato; escolha integrada dos processos construtivos; canteiro de obras com baixo impacto; gestão da energia; gestão da água; gestão de rejeitos/sobras de atividades; reparo, limpeza e manutenção; conforto higrotérmico; conforto acústico; conforto visual, conforto olfativo, condições sanitárias, qualidade do ar, qualidade da água). Estes critérios são analisados como pré-requisitos, e cada um, após avaliado, recebe uma qualificação: bom (prática corrente), superior (à prática corrente) ou excelente (desempenho máximo constatado recentemente em operações de

alto desempenho ambiental). O certificado é conferido à edificação avaliada como “excelente” em, no mínimo, três quesitos e como “superior” em no mínimo quatro. Após receber a Certificação AQUA, os pré-requisitos passam a ser avaliados permanentemente.

O processo de certificação ocorre em três etapas. Acompanham-se as etapas do desenvolvimento do empreendimento, abrangendo o programa, a concepção (projeto), a realização (construção) e a operação e o uso dos empreendimentos, sejam eles residenciais, comerciais, complexos esportivos e arenas, ou destinados à habitação popular. A primeira etapa acontece a partir do planejamento da construção, quando são feitas discussões com os auditores do programa. Na fase do projeto, os auditores se asseguram das características acertadas previamente. Terminada a obra, uma terceira auditoria é feita para checar a realização do projeto. Assim, a certificação tem um viés mais conceitual, pelo acompanhamento do projeto por auditores e pela possibilidade de discussão sobre as tecnologias empregadas ao longo do processo (Fundação Vanzolini, s/d).

Tanto a certificação LEED, como a AQUA, definem pré-requisitos e processos que devem ser atendidos pela obra, mas a principal diferença é que a certificação AQUA está totalmente adaptada à realidade brasileira quanto ao clima, tipo de energia, e aos materiais e técnicas construtivas, e não trabalha apenas com documentos, mas também com auditorias. Outro diferencial é a maior ênfase em canteiros de obras com baixo impacto ambiental e na gestão dos resíduos provenientes da construção, porque as obras brasileiras apresentam alto desperdício de materiais nestas etapas.

2.3. A Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) para Edificações

A Lei 10.295/01, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, em seu artigo 5º, menciona a participação de “projetistas e construtores de edificações, consumidores e instituições de ensino e pesquisa” como agentes importantes neste processo de implantação da política. O Decreto nº4059, que regulamenta esta lei, inclui as edificações construídas e estabelece níveis máximos de consumo de energia para produtos fabricados e comercializados no país, bem como das edificações construídas.




A ENCE para edificações foi lançada em 2008, para ser implantada de forma gradual e voluntária, tornando-se obrigatória a partir de 2012, como parte das estratégias da Política Nacional de Conservação e Uso da Energia. A primeira etiqueta é concedida na análise dos projetos e tem validade de cinco anos. A etiqueta definitiva é concedida após a conclusão da edificação. Nos edifícios comerciais, de serviços e públicos são avaliados três sistemas: envoltória, iluminação e condicionamento de ar. A etiqueta pode ser concedida de forma parcial, desde que sempre contemple a avaliação da envoltória. Nos edifícios residenciais são avaliados: a envoltória e o sistema de aquecimento de água, além dos sistemas presentes nas áreas comuns dos edifícios multifamiliares, como iluminação, elevadores, bombas centrífugas, por exemplo.

2.4. Selo Casa Azul

O Selo Casa Azul da Caixa Econômica Federal, lançado em junho de 2010, é o primeiro sistema de classificação de sustentabilidade de projetos, desenvolvido para a realidade da construção habitacional brasileira, inclusive habitação de interesse social. Criado para estimular a compra de imóveis que tenham em suas diretrizes a preocupação com os recursos naturais, a redução do custo de manutenção no edifício, o uso de madeira de origem legal, quem incentive o uso de sistemas solar para aquecimento de água, da medição individual de água e gás nos edifícios. Ele abrange seis categorias (qualidade ambiental, projeto e conforto, eficiência energética, conservação de recursos materiais, gestão da água e práticas sociais) com 53 critérios de avaliação, dentre obrigatórios e critérios de livre escolha. A quantidade de critérios atendidos pelo projeto determina o nível de gradação obtido (tabela 2). O método utilizado para a concessão consiste em verificar,

durante a análise de viabilidade técnica do empreendimento, o atendimento aos critérios estabelecidos, que estimula a adoção de práticas voltadas à sustentabilidade dos empreendimentos habitacionais (Caixa, 2010).

Tabela 2. Níveis de gradação do Selo Casa Azul (Caixa, 2010)

		Gradação		
Atendimento Mínimo	 Ouro	 Prata	 Bronze	
	Todos os critérios obrigatórios	Critérios obrigatórios +6 critérios de livre escolha	Critérios obrigatórios +12 critérios de livre escolha	

2.5. RGMAT

Outro selo recém-chegado ao mercado, em março de 2012, é o RGMAT, cujo objetivo é demonstrar o desempenho ambiental dos materiais de construção por meio da declaração ambiental de produto. Após a Avaliação do Ciclo de Vida e elaborar a Declaração Ambiental de Produtos, seguindo os requisitos e orientações das normas nacionais e internacionais aplicáveis, o produto passa por avaliações e auditorias, para verificação da declaração do fabricante, e da conformidade com as normas e parâmetros aplicáveis, que inclui o consumo de recursos naturais, energia, água, emissão de gases na atmosfera, de resíduos sólidos e líquidos ou substâncias tóxicas, podendo abranger desde a extração mineral, produção, transporte, montagem, utilização, manutenção e desconstrução até a reutilização/reciclagem. Após o cumprimento de todas as exigências, o selo é concedido e pode ser exposto no produto, embalagem, ponto de venda e na sua divulgação. As informações levantadas e classificadas no RGMAT também podem ser utilizadas para uma melhor definição dos processos, melhorias para a redução nos consumos de água, energia e de outros recursos, além da minimização dos resíduos. Com isso, os profissionais da construção civil e consumidores finais poderão reconhecer detalhes do desempenho ambiental nem sempre visíveis, especificar seus projetos com mais segurança, em conformidade com as normas e respeito ao meio ambiente (Fundação Vanzolini, s/d).

3. A LEGISLAÇÃO EDILÍCIA VIGENTE

Outro aspecto a ser considerado neste novo cenário é a legislação edilícia. No atual modelo brasileiro apresentado na figura 1, o município detém a maior parte da regulamentação obrigatória e é auxiliado, em menor medida, por iniciativas de associações profissionais e industriais, e pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). A retenção da maior parte da regulamentação da construção sob a forma de lei municipal é considerado empecilho ao desenvolvimento da indústria da construção, por conta da lentidão na renovação de leis e da pulverização de conceitos pelos municípios (Amorim et al., 2011).

Um dos entraves ocorre na diversidade entre os Códigos Municipais de Obras, que, em geral, não determinam critérios de desempenho, apenas trazem determinações como as áreas mínimas dos compartimentos, as áreas mínimas dos vãos de ventilação e iluminação, a dimensão de portas e corredores de passagem, o pé-direito de cada compartimento, como por exemplo, a exigência de espessura mínima para paredes em escadas de incêndio, sem exigir o tempo de resistência da alvenaria ao fogo.

A primeira hipótese, na figura 2, sugerida pelo estudo de Amorim et al. (2011) é a criação de um Estatuto ou Marco Regulatório, onde haja maior atuação do governo federal (orientação e parâmetros para a regulamentação), e onde os governos locais teriam maior

compatibilidade com os conceitos-chave, o que permitiria aliar a regulamentação às normas técnicas, que deverão ser revisadas com maior frequência, para se adequarem às constantes mudanças de tecnologia, sempre que necessário.

Na segunda hipótese (figura 3) foi sugerida a desregulamentação municipal de determinados preceitos, aliando-os às normas técnicas e aos critérios federais que serão estabelecidos, o que confere maior responsabilidade ao profissional responsável pela construção e amplia a participação das associações profissionais e industriais.

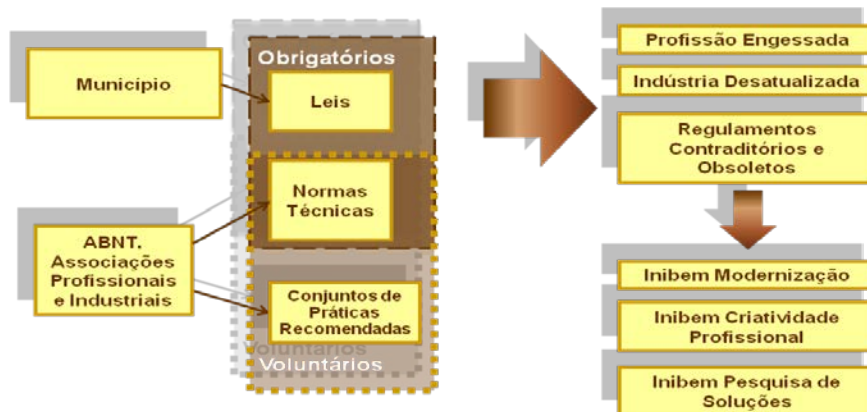


Figura 1. O modelo atual do marco regulatório (Amorim et al., 2011)

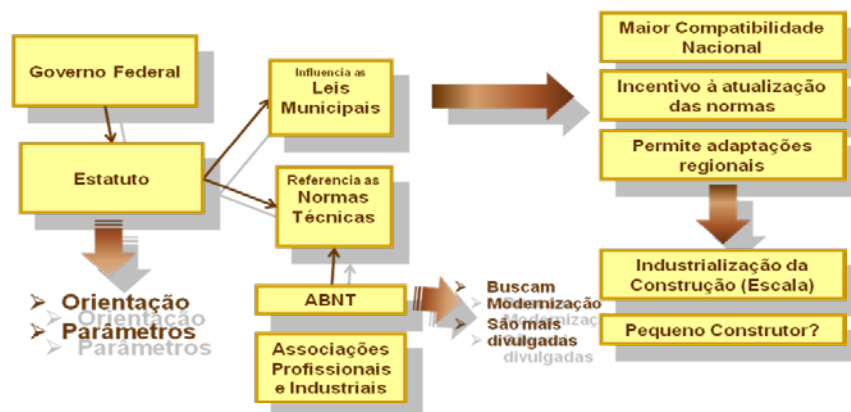


Figura 2. Primeira hipótese – modelo do marco regulatório para discussão (Amorim et al., 2011)

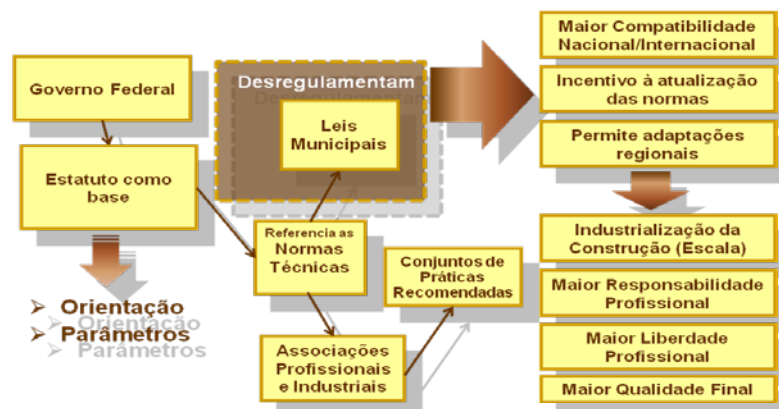


Figura 3. Segunda hipótese – modelo do marco regulatório para discussão (Amorim et al., 2011)

Do debate e análise destas possibilidades sairão subsídios técnicos para a elaboração de um possível “Estatuto da Construção Habitacional”, considerando: as discrepâncias dos diversos códigos municipais de obras; as diferenças e peculiaridades regionais e socioeconômicas brasileiras; e as diferentes escalas de produção de edificações que se configuram na construção industrial e a de pequeno porte ou autoconstrução. Este instrumento deverá reunir, no plano federal, os conceitos e parâmetros para a regulamentação da construção da edificação em especial as destinadas à habitação. Segurança, incêndio e pânico, acessibilidade, conforto ambiental, sustentabilidade, padrões de desempenho de materiais de construção são os requisitos a serem tratados em nível nacional. Requisitos como critérios bioclimáticos e disponibilidade de materiais de construção deverão ser tratados em caráter regional (Amorim et al., 2011).

O ciclo de vida da habitação inicia-se pela concepção do projeto e aprovação pelos órgãos responsáveis; passa pela produção (obra); e o uso da unidade habitacional, concluindo com a sua reforma ou demolição. Nessas etapas incidem leis de âmbito federal, estadual e municipal, além das normas técnicas da ABNT, legislação trabalhista federal e a regulamentação pertinente à atividade profissional dos engenheiros e arquitetos. Outro importante marco regulatório é o Código de Defesa do Consumidor (Lei nº8078/1990), instrumento de pressão e de mudança de comportamento de empresas do segmento de edificações, passível de gerar impactos organizacionais em vários agentes da cadeia produtiva (Abiko, 2003). O inciso 39 deste código, enfatiza que qualquer produto ou serviço fabricado ou fornecido no país, para ser oferecido no mercado, tem que seguir as normas brasileiras editadas pela ABNT. No caso de descumprimento, assim considerada a falta de técnica ou de cuidado, na realização de serviços ou materiais, de acordo com o recomendado na norma, podem ser aplicadas as penalidades vigentes. Dessa forma, as normas técnicas devem obrigatoriamente ser seguidas, uma vez que não possuem caráter de lei no Brasil, embora seja uma posição questionável, por parte de alguns autores (ABDI, 2009).

4. POTENCIALIDADES DO MATERIAL TERRA NESTE CENÁRIO

Conseguir um alto grau de desempenho em todo o ciclo de vida da construção implica quebrar barreiras técnicas e culturais, o que propicia uma oportunidade de inserção da terra como material de construção na Agenda da construção civil brasileira, pois tem potencial para ser elemento de mitigação dos impactos causados pela produção de edificações.

As técnicas construtivas com terra têm conquistado a atenção de pesquisadores em várias áreas do conhecimento acadêmico, como a arquitetura, engenharias civil e florestal, agronomia. Porém, na ausência de disciplinas curriculares ou extracurriculares para estas técnicas no contexto do ensino universitário, os institutos de permacultura ou ecovilas vêm oferecendo, informalmente, o ensino das técnicas de terra com grande aceitação. No que pesa a contribuição destes centros na valorização das técnicas e materiais não-convencionais, muitos aspectos desta transferência de conhecimento devem ser questionados. Ainda que sejam técnicas de fácil assimilação por qualquer pessoa leiga, não dispensam a orientação de um profissional da construção, engenheiro ou arquiteto, habilitado para conduzir a construção com segurança.

A arquitetura e a construção com terra integram o patrimônio cultural brasileiro, tanto na figura de bens tangíveis como as construções de taipa-de-pilão e pau-a-pique, como na figura de bem intangível, quando se fala em técnicas construtivas. No entanto, estas técnicas e construções são vistas como construções de menor valor, destinadas à população menos favorecida, e em muitos casos estimula-se a sua erradicação. Este preconceito existe tanto por parte da população, como por parte dos administradores públicos, e até mesmo profissionais da construção, e se deve em grande parte à falta de divulgação das informações técnicas existentes que sustentam o contrário.

No atual cenário, em que os modelos de produção estão sendo questionados, e há grande procura por novos caminhos que conduzam a melhores resultados no setor da construção civil, configura-se um terreno fértil para a proposição da terra como material de construção viável na atualidade. Para considerar sua inserção na Agenda da construção civil brasileira, dois vieses podem ser abordados: a terra *soft-tech* e a terra *high-tech*.

4.1. Terra *soft-tech*

O viés da terra *soft-tech*, considerado como aquele onde há pouco investimento em altas tecnologias, e é mais acessível à grande massa da população, onde pequenas construções habitacionais, em geral praticadas pelo proprietário e futuro morador, consideradas “autoconstrução” ou “construção autogerida”, em empreendimentos cuja seleção dos materiais, definição dos prazos, e outras decisões são decisões do proprietário. Estes empreendimentos podem ser executados por empresas formais, informais, pequenas construtoras, empreiteiras ou mesmo pelo próprio proprietário, ou via sistema de “mutirão”. Caracteriza-se pelo “uso” como finalidade, ao contrário do segundo viés, *high-tech*, que tem a comercialização como finalidade.

Grande parcela da população que adota a terra como material de construção, o faz por não ter acesso aos materiais industrializados. Estas construções são erguidas sem orientação técnica que garanta a estabilidade e solidez da construção, e são informais, no sentido de não passarem por um processo de elaboração de projeto e sua aprovação em órgãos competentes, e em geral, são construídas à revelia dos órgãos fiscalizadores.

Para este viés, uma possibilidade é a Assistência Técnica Pública e Gratuita (Lei 11.888/2008), que assegura às famílias com renda abaixo de 3 salários mínimos, a assistência técnica pública e gratuita para projeto e construção de habitação de interesse social. Assim, pela autoconstrução assistida, seria possível dotar a construção de qualidade construtiva que garanta um mínimo de solidez, conforto térmico, além do uso racional da água durante a obra, e aberturas adequadas para ventilação. Esta solução poderia ser adotada no interior do país, para gerar emprego qualificado para jovens profissionais recém-formados e ávidos por aplicar os conhecimentos técnicos aprendidos.

No caso das pequenas construções habitacionais, a terra como material de construção também pode estar presente na forma de componentes construtivos como os “blocos ecológicos”, e “painéis leves”, em uma produção semi-mecanizada, podendo até mesmo objetivar a coordenação modular, com normas atualizadas e adequadas, e aos requisitos de conforto térmico e eficiência energética nas edificações. Assim, atenderia com vantagens (sobre os materiais convencionais) quanto à questão da eficiência energética, quando considerado todo o ciclo de vida da edificação.

4.2. Terra *high-tech*

O viés *high-tech* é considerado no cenário dos estudos de caracterização de materiais, inovação tecnológica, materiais industrializados que estão inseridos na cadeia produtiva da construção civil. Diante do grande déficit habitacional brasileiro, o consumidor, sem alternativas, ou por falta de informação, aceita soluções de baixa qualidade. Construtoras em geral produzem edificações com foco no lucro que a sua venda deve proporcionar. Devem, portanto se guiar por uma estratégia que lhes permita produzir de modo sustentável sem abrir mão do seu objetivo final que é o lucro. Deste modo, a terra, empregada em blocos de vedação, poderia responder aos requisitos de eficiência energética e baixa emissão de carbono em construções de grande porte, sem alterar a técnica e os materiais atualmente utilizados para as estruturas (concreto armado) e alcançando um melhor desempenho ambiental da construção.

Desde a década de 1970, a terra como material de construção é objeto de estudo em centros de pesquisas e universidades no Brasil, onde são estudadas as diferentes possibilidades de aplicação, através do aporte de tecnologia de ponta (como, por exemplo, a produção de pastas argamassas de alto desempenho com a utilização de resíduos agrícolas

ou industriais), o seu uso consorciado às fibras naturais, resultando em materiais de baixo impacto ambiental, devido à baixa emissão de GEE no seu processamento, e como resultado obtém-se materiais de construção de alto desempenho, que atendam à demanda do mercado.

O estímulo à inovação tecnológica através do fortalecimento do SINAT, para que as tecnologias inovadoras possam gerar novas formas de estabelecimento dos critérios de desempenho ambiental que possibilitem a avaliação de novas tecnologias construtivas, contribuindo para aumentar o leque de possibilidades técnicas disponíveis para a produção habitacional (Coelho, 2007). O crescente número de processos de certificação aponta para um amplo campo de atuação e oportunidades para os profissionais da construção, especialmente para os especialistas em construção com terra, devido às propriedades da terra como material de construção, notadamente o controle higroscópico do ar interno das edificações e a capacidade térmica.

Estudos mais completos analisam as propriedades da terra como material de construção e destacam como vantagens a facilidade de oferta local do material, sem necessidade de grandes deslocamentos baseados em combustíveis fósseis, o que reduz as emissões de GEE de transporte; o fato de ser reciclável ao término de sua vida útil; o desempenho térmico do material; e a baixa emissão de GEE durante seu processo. Por outro lado, quando mal empregada, torna-se um material susceptível às intempéries, e assim como todo material de construção, é preciso dar garantias de qualidade e durabilidade deste material ao consumidor final.

No Brasil, as tentativas de se minimizar o preconceito vieram no final da década de 1970 com as primeiras recomendações para a construção com terra, produzidas pelo CEPED² e o IPT³ e, na década de 1980, com as normas publicadas pela ABNT, a Associação Brasileira de Normas Técnicas. Como foram grandes os recentes avanços no campo dos materiais, estas normas técnicas já poderiam estar sendo revistas de modo a atualizar seus critérios. Sem uma norma atualizada que contemple as necessidades atuais, há o engessamento das potencialidades do uso da terra como material de construção.

Na possibilidade de revisão do modelo do marco regulatório das construções no Brasil, juntamente com os novos critérios de avaliação e certificação ambiental de edificações, surge um grande espaço para a divulgação e inserção da terra como material de construção pode atender com vantagens às novas exigências de mercado. A partir do conceito de ecomateriais, dos anos 1990, que designa o material que supera o estado-da-arte quanto ao seu desempenho; existe de forma harmônica com a ecossfera; e proporciona praticidade e conforto com respeito aos limites da natureza. As características dos ecomateriais devem ser monitoradas desde a extração da matéria-prima, transporte, beneficiamento, distribuição, consumo final até o seu desmonte/descarte, e avaliado como sendo de baixo impacto ambiental (baixa emissão de CO₂, baixo consumo energético, e possibilidade de reuso ou reciclagem após descarte) (Coelho, 2010).

5. CONCLUSÃO

Uma construção sustentável tem por objetivo reduzir gastos, minimizar perdas, eliminar o retrabalho e racionalizar tempo de execução/montagem das construções, além de inovar em procedimentos e rotinas para escritórios de projetos e construtoras, na inovação tecnológica em produtos que busquem melhor desempenho ambiental em função de uma metodologia mais adequada à realidade brasileira. Para que uma construção seja considerada sustentável, é necessário percorrer nove passos, segundo IDHEA (2012): 1) Planejamento sustentável da obra; 2) Aproveitamento passivo dos recursos naturais; 3) Eficiência energética; 4) Gestão e economia da água; 5) Gestão dos resíduos na edificação; 6) Qualidade do ar e do ambiente interior; 7) Conforto termo-acústico; 8) Uso racional de materiais; e 9) Uso de produtos e tecnologias ambientalmente amigáveis.

Sobre os custos destas modificações, estima-se que a construção sustentável custe em torno de 1% a 8% do custo da construção convencional. E seu retorno deve ocorrer em 3 a 5 anos. Em contrapartida, os custos operacionais são em torno de 6% a 9% menores: os valores gastos com água são reduzidos de 30% a 50%; com a energia, de 25% a 30%; e com a gestão de resíduos, de 50% a 70%, o que compensa esse investimento inicial maior. Para que os custos de implantação de uma construção sustentável sejam amortizados em curto prazo, ao longo da vida útil da construção, é necessário planejar, pois o custo final depende do nível de implantação dos sistemas adotados; do custo de construção inicial; e da etapa da construção em que forem implantados (IDHEA, 2012; Ceotto, 2008). Pesquisas indicam que o consumidor já aceita pagar até 10% a mais nos produtos sustentáveis, característica antes apenas encontrada em países europeus com forte tradição ambiental, e onde as desigualdades sociais não são uma característica forte.

Para que a construção civil brasileira possa, com tecnologia própria, produzir construções mais sustentáveis, deve respeitar suas tradições tecnológicas e produzir novas tecnologias a partir destas tradições (Abiko, 2003). Assim, evidenciada a carga ideológica que a tecnologia traz em si, a escolha de uma tecnologia “apropriada”, e por que não dizer uma metodologia de avaliação apropriada, estará diretamente relacionada ao modelo de desenvolvimento que se deseja. A inovação na gestão de processos é tão importante quanto à inovação tecnológica, pois os maiores entraves à sustentabilidade são de ordem política e institucional (Sachs, 1986; Coelho, 2007).

A capacitação dos profissionais deve ser estimulada, visto que ter conhecimento do comportamento do material terra não é apenas conhecer o seu processo de montagem *in loco*, mas conhecer todo o planejamento do material, antes mesmo de sua montagem. Envolve a conscientização e capacitação para pensar o projeto e a construção com terra de forma sistêmica.

Os profissionais da construção devem ser preparados para apontar novas possibilidades metodológicas, embasadas nas que se apresentam em prática na atualidade; identificar o papel, e nível de envolvimento, dos atores envolvidos no processo nas metodologias de certificação; identificar se o nível de envolvimento dos atores compromete o bom desempenho da metodologia; definir quadro comparativo de diretrizes e critérios para a análise das metodologias existentes em face à realidade brasileira, como subsídio para a indicação de possíveis caminhos à metodologia brasileira; e identificar instrumentos jurídicos, dentre os códigos edilícios vigentes, que possam intervir na metodologia de certificação.

A partir da consolidação de um processo de construção sustentável, acompanhado da preocupação ambiental do processo de produção das construções, os construtores, escritórios de arquitetura e engenharia deverão: modificar procedimentos e rotinas; buscar novos materiais que atendam às necessidades de projeto; investir em inovação tecnológica em componentes construtivos e materiais que busquem o melhor desempenho ambiental; minimizar perdas no canteiro de obras; racionalizar processos de projeto e evitar o retrabalho.

Mais que ter normas técnicas e marco regulatório atualizados é necessário sensibilizar o cliente/investidor, principal provedor de recursos, e educá-los para que utilize corretamente a construção, pois de acordo com Ceotto (2008) o “edifício sustentável” é apenas a “potencialidade” de redução do impacto. Se for mal utilizado, reduzirá a possibilidade de mitigação dos impactos negativos, mas se for adequadamente utilizado, haverá um resultado real do que foi planejado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDI- Associação Brasileira de Desenvolvimento Industrial (2009). *Relatório Prospectivo Setorial: 2009*. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos.

Abiko, A. K. (2003). Tecnologias apropriadas em construção civil. In: *Tecnologia e materiais alternativos de construção*. Campinas: Editora da UNICAMP.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. Portal virtual da ABNT. Disponível em: http://www.abnt.org.br/m3.asp?cod_pagina=951. Acesso em 4/4/2012.

Amorim, S. L.; Alencar, F.; Eksterman, C. (2011). *Ações estruturantes para modernização da construção. Projeto Marco Regulatório para construção habitacional*. Texto de apoio para oficinas regionais. Niterói: UFF/GEU; MDIC/ ABDI/ FIESP.

Brasil. Ministério das Cidades. *Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat - PBQP-Habitat* Cooperação Técnica Bilateral Brasil/França/ BID para o PBQP-Habitat. Balanço final do Projeto - Avaliação da parte brasileira. Disponível em <http://www.cidades.gov.br/pbqp-h/> acesso em agosto, 2007.

Caixa Econômica Federal. *Selo Casa Azul: Boas práticas para habitação mais sustentável, 2010*. Disponível em: <http://planetaconômica.sustentavel.abril.com.br/noticia/caixa/caixa-entrega-primeiro-selo-casa-azul-categoria-ouro-624658.shtml>

Ceotto, Luis Henrique (2008). *Gestão sustentável da construção civil. Uma visão pragmática do tema*. Encontro Internacional de sustentabilidade na construção. Apresentação. São Paulo.

Coelho, Ana Cristina Villaça (2010). A operacionalização do conceito de sustentabilidade: enfrentando o desafio. *Anais*. TerraBrasil 2010. Campo Grande: UFMS/Rede TerraBrasil. 1 CD-ROM

Coelho, Ana Cristina Villaça (2007). As técnicas vernaculares de construção aliadas à inovação tecnológica: um possível caminho para a sustentabilidade?. In: *Terra em Seminário 2007*. Lisboa, Portugal: Editora Argumentum.

Fundação Vanzolini http://www.vanzolini.org.br/entrelinhas/fv_entrelinhas_ed23/aqua.html

Gonçalves, J. C. S; Duarte, D. H. S. (2006). Arquitetura sustentável: uma integração entre ambiente, projeto e tecnologia em experiências de pesquisa, prática e ensino. In: *Ambiente Construído*. V.6, n.4, pp.51-81. Out/dez. Porto Alegre: Antac.

IDHEA-Instituto para o desenvolvimento da habitação ecológica. Disponível em: <http://www.idhea.com.br>. Acesso em 4/4/2012.

John, Vanderley, M. *Desenvolvimento sustentável, construção civil, reciclagem e trabalho multidisciplinar*. s/d. Disponível em: http://www.reciclagem.pcc.usp.br/des_sustentavel.htm. Acesso em 4/4/2012.

Sachs, Ignacy (1986). *Ecodesenvolvimento: crescer sem destruir*. São Paulo: Vértice.

Torgal, F.P.; Jalali, S. (2011). *A sustentabilidade dos materiais de construção*. Portugal: Ed.Autor.

NOTAS

(1) Resiliência, em ecologia, é a capacidade de um sistema restabelecer seu equilíbrio após ter sido rompido por um distúrbio, ou seja, sua capacidade de recuperação.

(2) CEPED – Centro de Pesquisas e Desenvolvimento

(3) IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas

AUTORA

Ana Cristina Villaça é arquiteta e urbanista, mestre em urbanismo, especialista em sustentabilidade na construção, tem experiência em construções de pequeno porte, em pesquisa de materiais e técnicas construtivas não-convencionais e de baixa emissão de carbono. Membro da Rede TerraBrasil, da Rede Ibero-americana Proterra, do Capítulo Latinoamericano da APTi (*Association for Preservation Technology International*), e pesquisadora do GRHIP/UERJ.



TERRA BRASIL

2012



IV Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil
07 a 10 de agosto de 2012 | Fortaleza - Ceará

UTILIZACION DE LA REFLEXION Y CONCENTRACION DE LOS RAYOS SOLARES SOBRE UNA VIVIENDA DE ADOBE EN LA CIUDAD MINERA DE CERRO DE PASCO, PERÚ

Guevara Lactayo, María Angélica
Facultad de Arquitectura y Urbanismo - Universidad Ricardo Palma
Av. Benavides 5440, Las Gardenias, Surco, Lima, Perú
Teléfono (511) 7080000 – Anexo 1228
e-mail: mguevaralactayo@yahoo.es

Palabras clave: reflexión - concentración solar sobre adobe

RESUMEN

El proyecto consiste en el estudio teórico de un modelo de vivienda que utiliza el adobe para su construcción, así como la energía solar reflejada y concentrada sobre los muros para llegar al confort. Está ubicado en la ciudad minera de Cerro de Pasco, a 4.312 msnm, presenta temperaturas muy bajas (11,9°C día, -1,3°C noche) y pertenece al trópico frío, en la sierra del Perú. El adobe tiene un importante retardo térmico y permite lograr confort en la vivienda en las horas más frías. Esta característica del material se unirá a un sistema de climatización pasiva que usa los rayos solares reflejados y concentrados sobre los muros de adobe. La distribución de los espacios de la vivienda responde a consideraciones funcionales y de aprovechamiento del calor solar orientando la edificación según horario de uso de los ambientes. El estudio tiene como objetivo la utilización de un nuevo sistema pasivo que puede lograr un incremento mayor de la temperatura que los sistemas tradicionales logrando una vivienda saludable construida con un material natural, ubicada en un medio ambiente hostil. La metodología de trabajo se basa en la experimentación de un sistema que utiliza un elemento cuyo material y forma permitan la reflexión y concentración de los rayos del sol y su posterior impacto sobre los muros de adobe. Se obtiene en la vivienda un sobrecalentamiento proveniente de un impacto solar adicional por reflexión y un incremento de calor por concentración, utilizando conocimientos simples de óptica y creando un objeto definido por segmentos que siguen el sol de forma estática logrando simplicidad y fácil acceso por el usuario. Es importante conseguir sistemas simples de utilización de la energía del sol a los que puedan acceder los usuarios que carecen de recursos económicos, maximizando el uso de la energía de forma natural y simple.

1. INTRODUCCION

Cerro de Pasco, ciudad dedicada a la minería como actividad económica está ubicada en el Perú, pertenece a la zona tropical, sin embargo debido a su altitud 4 312 msnm presenta un clima muy frío con relativa sequedad y precipitación sólida en los meses de junio y julio.

El presente trabajo tiene como propósito proponer un sistema que logre hacer más eficientes las edificaciones que se planearán en dicha ciudad. Se sugiere inicialmente la utilización de materiales de construcción propios de la zona cuyas características termo-físicas y acabados finales los hagan eficientes para resolver el clima en el que están insertos, se propone el uso de un sistema de climatización pasiva y el almacenaje de calor para resolver las etapas del día con temperatura mas baja, utilizando el concepto de retardo térmico en los materiales de construcción que según Gonzalo (1998) "... 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".

Dadas las características de la temperatura y su relación con el confort en Cerro de Pasco, se deberá utilizar además un sistema complementario de ganancia de calor, la premisa es que esta solución constituya un sistema de climatización pasiva de captación directa y que por lo tanto provenga de la utilización de la energía solar.

El sol es una fuente de luz y calor y para este trabajo se utilizará el calor que emite el sol, el que será reflejado impactando en una superficie pulida, ya que según Mazria (1983) las superficies muy pulidas reflejan un gran porcentaje de la radiación térmica que interceptan, además se planteará su concentración óptica que permita lograr mayores densidades de flujo de radiación solar y así temperaturas más altas. (Romero Álvarez, 2001) Se proyecta entonces la utilización de la reflexión y concentración de la energía térmica del sol definiendo para ello la geometría y localización de un elemento que lo permita y evaluar posteriormente su rendimiento térmico. Se considera que la reflexión y concentración solar puede hacer más eficiente la captación directa de radiación en los sistemas de climatización pasiva, modificando las ganancias térmicas en función a las características geométricas de los reflectores, a su ubicación respecto de los sistemas de climatización pasiva seleccionados y finalmente en función a los materiales de reflexión utilizados en los reflectores.

2. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

2.1. Área de estudio

La ciudad de Cerro de Pasco se encuentra a 10°41'11.49 Latitud Sur, ubicándose dentro del trópico, una de cuyas características es que recibe el sol de forma muy vertical, por este motivo el calentamiento mayor se da sobre superficies horizontales. La radiación a su vez presenta valores altos ya que por su altitud la atmosfera es más transparente a su paso, la radiación solar será entonces un recurso importante a tener en cuenta para mejorar el microclima interno de las edificaciones en Cerro de Pasco. Su altitud es de 4.312 msnm, la atmosfera tiene un menor nivel de humedad, por lo tanto la radiación solar ingresa con mayor intensidad, pero el calor no se conserva por lo tanto la temperatura es muy baja cuando el sol se pone. Su suelo presenta un relieve accidentado con cumbres nevadas, que forman parte de la Cordillera Occidental.

El único árbol con que se cuenta es el quinal o *Polylepis racemosa*, de 4 m a 6 m de altura, es coposo y con mucho follaje, sin embargo no es posible su utilización para reducir la velocidad del viento que ayudaría a controlar mejor la temperatura. Presenta masas de agua que incrementan levemente la humedad y logran que la temperatura sea más estable tanto en su valor máximo como en el mínimo.

2.2. Características del clima de Cerro de Pasco

El clima de Cerro de Pasco es complejo para lograr microclimas internos eficientes, el arquitecto intentará lograr confort en las edificaciones propiciando condiciones de bienestar en el individuo en relación de equilibrio con las condiciones de temperatura, humedad, movimiento del aire y la temperatura de las superficies envolventes de las viviendas, las que estén relacionadas a la temperatura que obtienen los elementos arquitectónicos debido a la irradiación resultante del impacto solar (Simancas, 2003).

La temperatura máxima en Cerro de Pasco se da a las 2 PM con un valor de 11,32 °C en promedio a lo largo del año y la mínima se presenta a las 6 AM con un valor de 0,55 °C. Su temperatura tiene un comportamiento siempre debajo del confort, existiendo una diferencia entre el confort y el comportamiento de la temperatura máxima de 2,40 °C en su valor mayor y de 14,81 °C también en su mayor valor con la temperatura mínima.

La humedad se encuentra fuera del confort a las 7 AM y parte del año a las 7 PM, el resto del día está en confort. Este tipo de humedad genera la estabilidad de la temperatura a lo largo del año (Valdivia Ponce, 1977).

La radiación solar llega a la tierra disminuida por la difusión, absorción, difracción y refracción que se produce en la atmosfera, y según las características de nublado o húmedo de la misma, así como la estación del año, la hora del día y la ubicación del lugar medido por su latitud (Serra y Coch, 2005). En el caso de Cerro de Pasco la radiación directa sobre super-

ficie horizontal tiene un valor mucho mayor que la que incide sobre superficie vertical desde las 9 AM hasta las 3 PM, logrando 1.000 W en el momento que el sol está muy vertical, para lograr confort deberá ser completado el calentamiento de la edificación con la radiación recibido por las superficies E/O cuyo valor más alto lo alcanza a las 8 AM la Este y a las 4 PM la Oeste logrando un valor que fluctúa entre 625 W y 421 W.

A partir de la 11 AM hasta las 17 PM es posible lograr confort utilizando la radiación solar, desde las 11 AM hasta las 3 PM con radiación sobre superficie horizontal, desde las 4 PM hasta las 5 PM orientando el muro del recinto al Oeste.

El viento en Cerro de Pasco proviene del N y su velocidad haría descender la temperatura, por lo tanto debe ser reducido en su intensidad a un valor menor o igual a 0,25 m/s.

La nubosidad diurna existente en la zona reduce el brillo solar, por lo tanto reduce el valor de la radiación y a su vez de la temperatura, la menor nubosidad nocturna permite la pérdida de temperatura, causando una disminución mayor de la temperatura mínima (Valdivia Ponce, 1977).

La precipitación se da a lo largo del año y en las épocas frías esta precipitación se convierte en nieve, por este motivo el techo debe inclinarse hasta un 40% de su longitud.

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.

2.3. Características de la ciudad y de la arquitectura en Cerro de Pasco

2.3.1. Características del trazado urbano

El trazo inicial de Cerro de Pasco data del Siglo XVII, es irregular y sinuoso y no permite el desplazamiento del viento a velocidad, impidiendo un enfriamiento por viento. Las manzanas están orientadas con una inclinación respecto al N-S, lo que permitirá un asoleamiento más uniforme de los frentes a lo largo del año (Vega Centeno, 2007).

Durante el siglo XX se aprueba el Plan Piloto y Regulador de la Nueva Ciudad creándose San Juan Pampa, cuya estructura urbana tiene características distintas a las que tenía la ciudad antigua, no siempre adecuadas al clima de Cerro de Pasco; vías amplias y largas que permiten un desplazamiento del viento a mayor velocidad (Vega Centeno, 2007).

La mayoría de las calles están orientadas hacia el NE- SO, debiendo primar las orientaciones NO y O con el propósito de lograr calentamiento en las edificaciones que limitan las calles en especial en las tardes.

2.3.2. Diseño de la vivienda en Cerro de Pasco

Cerro de Pasco presenta dos tipos definidos de arquitectura a lo largo de su desarrollo urbano. La arquitectura de los inicios presenta características adecuadas al clima existente, de forma ortogonal, techos muy inclinados aproximadamente 40°, adecuados para evacuar la nieve, los techos de calamina en la mayor parte de casos, presentan un mal comportamiento térmico, pero resisten bien el impacto y peso de la nieve. Usualmente se utiliza cielorraso de tela enyesada que hace el papel de aislante térmico y acústico. La arquitectura es maciza y compacta, el porcentaje de perforaciones en relación a la masa del muro es de 25% a 20%, la altura de piso a techo es aproximadamente de 3,00 m. El material usado para los muros es grueso, adobe o piedra lo que permite la acumulación del calor durante el día y durante la noche la irradiación del mismo a la habitación, las aberturas cuentan con contraventanas para su cierre en la noche (figura 1). Generalmente cuentan con un Hall de ingreso y que impide el ingreso brusco de aire frío.



Figura 1. Arquitectura de los inicios. Relación de área de muro y las áreas de aberturas
Fuente: Panoramio: Pavel.com

Las nuevas edificaciones son ortogonales con techos poco inclinados, con un ángulo de 11° aproximadamente. La arquitectura es más perforada, tiene un porcentaje de aberturas igual al 30% o 38% del área del muro, la altura de piso a techo a disminuido a 2,50 m.

El material usado para los muros es ladrillo unido a una estructura de concreto armado, las paredes que constituyen los cierres del espacio tiene un espesor de 0,15 m, no presentan por lo tanto una masa importante que permite la acumulación del calor durante el día para su utilización en la noche.

Las aberturas son de tamaño diverso pero prima una tendencia de abertura más grandes, carecen de contraventanas para su cierre en la noche.

3. SOLUCION DEL PROBLEMA

3.1. Diseño de una vivienda tipo

Se diseñó una edificación destinada a vivienda, con el propósito de estudiar el dormitorio que es el más crítico en la solución de su microclima en lugares de clima frío. El horario de uso nocturno coincide con la etapa más crítica de la temperatura, el número de horas de permanencia es de 8 horas y la actividad que se realiza desprende poco calor.

Se consideraron algunas premisas iniciales para plantear el diseño de la vivienda:

- La temperatura está por debajo del confort en especial en la noche, debe subir en promedio $12,94^\circ\text{C}$, incrementando la radiación solar por ingreso a los ambientes, por impacto sobre los muros y techo y por concentración en los muros.
- Para el impacto sobre los muros se los orientará hacia las posiciones del sol más horizontal, al Oeste los espacios de uso nocturno y hacia el Este los espacios de uso diurno
- El viento viene del N, su impacto podría ocasionar enfriamiento de los muros o ingreso brusco de masa de aire frío a las habitaciones, por lo tanto se deben reducir las paredes hacia el N y las aberturas.
- La edificación debe ser compacta reduciendo los muros expuestos al medio ambiente a un solo frente expuesto.
- La inclinación del techo debe ser igual al 40% de la longitud del mismo, debido a que presenta precipitaciones sólidas, sin embargo debido a esta consideración los ambientes podrían ser muy altos, por este motivo se plantea un cielorraso a una altura de 2,40 m realizados con madera que ayude a reducir la pérdida de calor por el techo.

- Las aberturas son pequeñas solo el 15% del área de muro y está conformado por doble vidrio con una cámara de aire de 0,03 m de espesor, no permitirá un ingreso muy importante de radiación pero igualmente no tendrá una pérdida de calor en la noche.
- El piso externo que rodea la edificación debe estar planeado para absorber la radiación solar y reflejarla hacia la edificación, por lo tanto puede ser de piedra con una inclinación de 5% para evitar el empozamiento de la lluvia.
- Se evaluará para los muros 3 tipos de materiales; adobe, ladrillo macizo y piedra con diferentes espesores y se seleccionara en función a su comportamiento térmico. Se evaluará así mismo para las ventanas la utilización de vidrio simple con contraventana para ser utilizada de noche y vidrio doble con cámara de aire intermedio.
- Se considerará un acabado final de los muros en yeso para sellar los muros reduciendo la posibilidad de la ventilación permanente a través del material del muro. Será pintado de color arena oscura (0,75 a 0,78 capacidad de absorción) con el fin de absorber la mayor cantidad de radiación solar.
- Se considera la utilización de un espacio previo al ingreso a la vivienda, para evitar la entrada de aire frío al ingresar a la edificación, se utilizará un atrio vidriado con vidrio doble y cámara de aire entre ambos vidrios para reducir las pérdidas.
- El sistema de reflexión y concentración solar se ubicara al Oeste, el propósito es de conseguir impacto de sol durante la mañana en los muros del oeste, reflejando y concentrando calor sobre ellos.

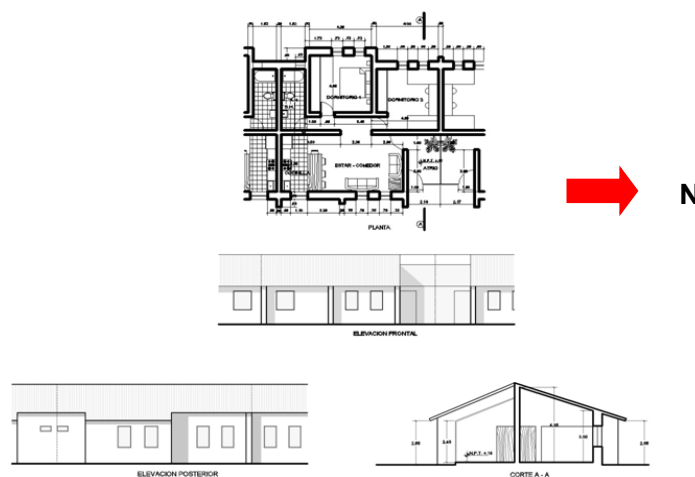


Figura 2. Planta, elevaciones y corte de la edificación propuesta

Fuente: Elaboración de la autora

3.2. Evaluación de la vivienda tipo

3.2.1. Según su diseño

- El impacto durante todo el año dura más horas que el ingreso y se da sobre una superficie mayor, el calentamiento es mayor por lo tanto.
- El muro al Oeste no recibe en la mañana la radiación solar de forma directa, por lo tanto su valor es muy bajo en promedio $42,90 \text{ Wh/m}^2$, durante la tarde recibe la radiación del sol de forma directa incrementándose a $420,13 \text{ Wh/m}^2$.
- Si el muro al Oeste recibe por reflexión la radiación solar en la mañana lograra un mayor calentamiento del muro, consiguiendo almacenar calor para la noche.

- El techo del dormitorio empieza a recibir el sol desde las 9 a.m. con un ángulo de 13° , este ángulo se va incrementando hasta llegar a un valor de $73,48^\circ$ consiguiendo en ese momento un alto valor de radiación que llega a $795,43 \text{ Wh/m}^2$

3.2.2. Según calculo de ganancia y pérdida para diferentes tipos de materiales y dimensiones de aberturas.

- El incremento del espesor de un muro lo hace más eficiente para su uso en clima frío, se reduce la ganancia, pero la pérdida se reduce aún más.
- En el análisis de la ganancia y pérdida de los 3 materiales estudiados el adobe en sus diferentes espesores es el que menos pierde haciéndolo más eficiente (figura 3).

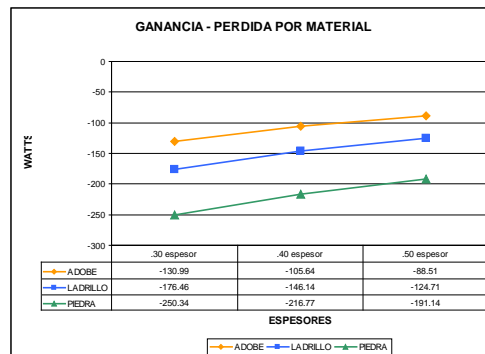


Figura 3. Ganancia – Perdida por material
Fuente: Elaboración de la autora

- La modificación en el material usado en las ventanas modifica la ganancia y la pérdida. La ventana de vidrio simple con contraventana de madera tiene un comportamiento estable. En el caso de la ventana de doble vidrio con cámara de aire hay diferencia entre ganancia y pérdida, la ganancia es 48% menor que la pérdida.
- El incremento del área de ventana en relación a la del muro la hace menos eficiente, ya que se incrementa la ganancia, pero se incrementa también la pérdida con valor mayor haciendo que la diferencia entre ganancia y pérdida sea negativa.

3.2.3. Según calculo de temperatura radiante interna

El Hall y la sala comedor tienen el valor más alto y estable en temperatura radiante, el hall tiene poca conexión con el espacio externo y el estar comedor está sobrecalentado a partir del número de personas y el tipo de actividad que realizan.

El resto de ambientes presentan temperaturas menores alejados del confort, pero siempre más altas que la temperatura externa (figura 4).

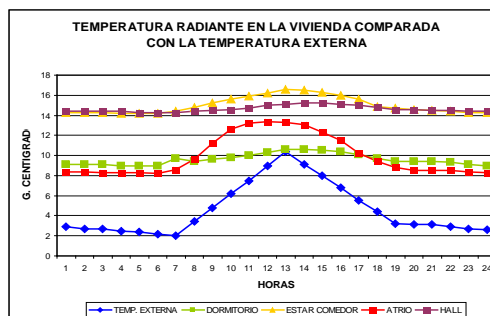


Figura 4. Temperatura radiante en la vivienda comparada con temperatura externa
Fuente: Gráfico elaboración de la autora utilizando el software Ecotect

3.3. Propuesta de solución

Se pretende reflejar los rayos solares, incrementando el impacto de sol sobre las paredes, que de manera natural por su orientación no reciben sol, se pretende asimismo concentrar los rayos solares en superficies menores para incrementar su calentamiento.

Con este fin se calculará la forma del reflector en función al desplazamiento de los rayos del sol en cada cambio de estación, se calculará también la distancia mínima entre edificaciones para lograr impactos eficientes, la localización del reflector en la edificación del frente y la distancia mínima que debe haber entre ellos para lograr un sistema eficiente.

3.3.1. Cálculo de distancia mínima entre unidades de vivienda que permita impacto de sol

Se calculó la distancia mínima entre edificaciones de 7,20 m considerando el ángulo de altura del sol en el mes de junio mes con sol más inclinado.

3.3.2. Cálculo de la geometría de los reflectores

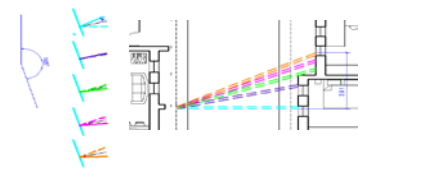
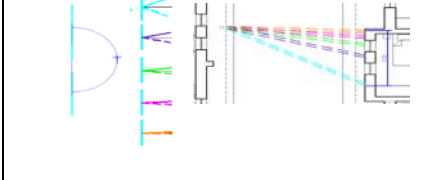
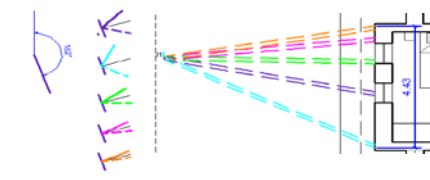
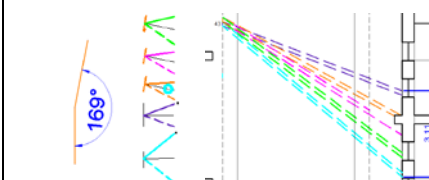
- **Angulo de inclinación de los reflectores concentradores en función al ángulo de azimut**

Se calcula por cambio de estación un segmento del Reflector Final según:

Se define la inclinación de los segmentos del reflector considerando los ángulos de azimut a partir de las 7 AM hasta las 11 AM

Se usó un método gráfico según el valor del ángulo de azimut como punto de partida. Se utilizaron los ángulos de $-15^\circ +15^\circ$, -30° y $+30^\circ$ de giro del rayo solar para obtener la bisectriz respecto del rayo de impacto en relación al rayo reflejado, calculada la inclinación del segmento del reflector, se graficara la reflexión de los rayos solares en la mañana sobre los muros del oeste.

Los rayos solares deben presentar una tendencia a concentrarse sobre los muros, descartándose los segmentos de reflector que no lo logran.

MARZO	
SEGMENTO REFLECTOR 1	SEGMENTO REFLECTOR 11
	
JUNIO	
SEGMENTO REFLECTOR 31	SETIEMBRE
	SEGMENTO REFLECTOR 43
	

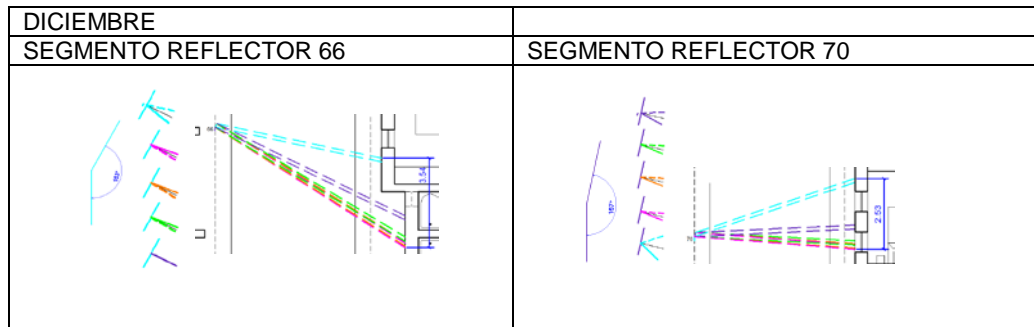


Figura 5. Angulo de inclinación de los segmentos de reflector concentrador
Fuente: Gráfico elaboración de la autora utilizando el software Ecotect

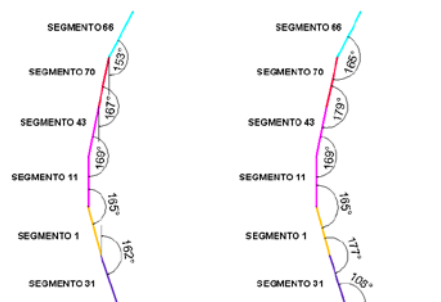


Figura 6. Reflector resultante

Fuente: Elaboración de la autora con información del software Ecotect


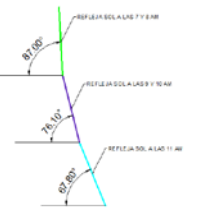
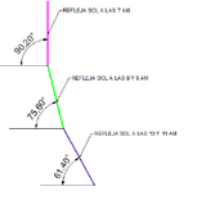
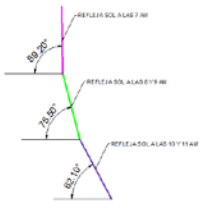
- **Angulo de inclinación de los reflectores concentradores en función al ángulo de altura y el reflector resultante.**

Se consideró los ángulos de altura de la mañana a partir de las 7 AM hasta las 11 AM. Se utilizó un método gráfico considerando el valor del ángulo de altura como punto de partida. Se utilizó 2 ángulos de -15° y -30° de giro del rayo solar para obtener la bisectriz respecto del rayo de impacto en relación al rayo reflejado.

Los rayos solares deben presentar una tendencia a concentrarse sobre los muros, por lo tanto se descartan los segmentos de reflector que no logran. Por lo tanto se calcula las inclinaciones respecto al eje vertical para los reflectores considerados en función a sus desplazamientos horizontales.

Se definen cuatro segmentos del reflector final, uno por cambio de estación, cada segmento está formado por tres segmentos adicionales, los que se inclinan según la inclinación del sol a una hora específica, dentro de un mes específico.

Tabla 1. Reflector resultante para el 22 diciembre a lo largo del día
Fuente: Gráfico elaboración de la autora utilizando el software Ecotect

SEGMENTOS DE REFLECTOR RESULTANTE POR MES			
MARZO	JUNIO	SETIEMBRE	DICIEMBRE
Rayo solar de 7, 8 y 9 am	Rayo solar de 9, 10 y 11 am	Rayo solar de 8, 9 y 10 am	Rayo solar de 8, 9 y 10 am
Angulo rayo solar con bisectriz -15°	Angulo rayo solar con bisectriz -30°	Angulo rayo solar con bisectriz -30°	Angulo rayo solar con bisectriz -30°
			

• **Distancia entre los reflectores concentradores**

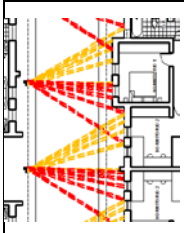
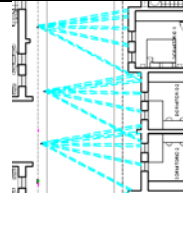

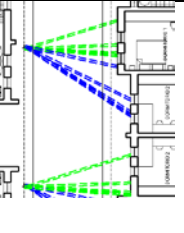
La distancia de colocación entre reflectores concentradores será de 8,45 m para que los rayos solares reflejados impacten sobre los dormitorios a lo largo de la mañana a fin de acumular calor para el momento de la noche, hora de uso del dormitorio y que además coincide con la hora crítica del clima

4. EVALUACION DEL SISTEMA PROPUESTO

4.1. Comportamiento mensual del reflector en el desplazamiento horizontal del sol a lo largo del año

Se evalúa el comportamiento teórico de los segmentos del reflector y se encuentra que siempre el impacto y concentración es sobre 1 o 2 dormitorios si se considera solo el segmento estudiado, al considerar el impacto y reflexión sobre el resto de segmentos esta característica puede modificarse, pero siempre se presenta cierto concentración.

Tabla 2. Reflexión y concentración de rayos solares en la mañana sobre muro Oeste
Fuente: Elaboración de la autora con información del software Ecotect

MARZO REFLECTORES 1 Y 11	JUNIO REFLECTOR 31	SETIEMBRE REFLECTOR 43	DICIEMBRE REFLECTORES 66 Y 70
			

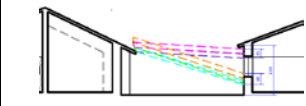
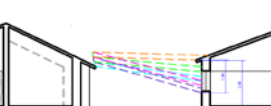
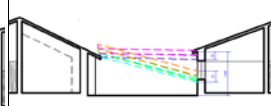
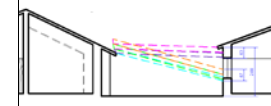
4.2. Comportamiento mensual del reflector en el desplazamiento vertical del sol a lo largo del año

El impacto sobre los muros varía en longitud 1,18 m en marzo, 1,96 m en junio, 1,22 m en setiembre y 1,30 m en diciembre. Cubriendo en cada caso diferentes porcentajes del muro

impactado 41% en marzo, 68% en junio, 42% en setiembre y 45% en diciembre. En todos los meses estudiados los reflejos tienden a concentrarse.

Tabla 3. Reflexión sobre el muro oeste según el reflector resultante a lo largo del año.

Fuente: Gráfico elaboración de la autora utilizando el software Ecotect

MARZO	JUNIO	SETIEMBRE	DICIEMBRE
 MES DE MARZO REFLECTOR 1 Y 11	 MES DE JUNIO REFLECTOR 31	 MES DE SETIEMBRE REFLECTOR 43	 MES DE DICIEMBRE REFLECTORES 66 Y 70

4.3. Evaluación con el uso de maqueta

Se modeló una maqueta a escala 1:25 del ambiente estudiado, utilizando arcilla para muros y techo y vidrio simple para las aberturas, se construyó asimismo dos reflectores concentradores en 2 materiales distintos para estudiar las diferencias, uno de ellos está construido en papel aluminio y el otro en segmentos de vidrio espejo. Se hizo mediciones desde las 9 AM hasta las 11 AM durante 7 días



Figura 7. Modelo de estudio
Fuente: Elaboración de la autora



Figura 8: Modelo de estudio y el reflector concentrador
Fuente: Elaboración de la autora

Si se compara el comportamiento de la temperatura interna con el uso del reflector concentrador se observa que esta se incrementa a las 9 AM en 2,3°C para el reflector de papel de aluminio y 4°C para el reflector de vidrio espejo, a las 10:00 AM en 5,4 °C para el reflector de papel de aluminio y en 8,5°C para el reflector de vidrio espejo, a las 11 AM el incremento es menor a 0,7°C para el reflector de papel aluminio y a 3,5°C para el reflector de vidrio espejo, la verticalidad de los rayos solares hacen menos eficiente el reflector concentrador a las 11 AM, es importante tener en cuenta que la medición se ha realizado en febrero y marzo fechas en la que el sol esta bastante vertical.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Para climas extremos con técnicas simples no es posible lograr una temperatura adecuada al confort en los ambientes, siendo necesario el uso de un sistema adicional que permita una mayor ganancia y lograr la temperatura confort.
- Se puede definir la forma geométrica de un reflector concentrador, usando para ello el desplazamiento del sol y teniendo como dato la reflexión y concentración de los rayos solares. La forma tanto de los reflectores concentradores como de cualquier otro elemento arquitectónico pueden ser generados por un elemento natural que se desplaza y esta forma variara en relación al requerimiento para lo que es creado.

- A través de la forma que se logra para un reflector concentrador es posible conseguir la concentración de la energía térmica del sol y alcanzar un incremento en la temperatura de los ambientes arquitectónicos acercándose al confort usando el sol para ello.
- Es posible conociendo los conceptos que rigen los complejos sistemas de reflexión y concentración solar que la tecnología crea, reinterpretarlos para crear objetos más simples, económicos y de fácil construcción, que cumplen estos conceptos y que pueden ser utilizados sin despliegue de tecnología compleja.
- Si bien la forma del reflector concentrador que debe lograr concentrar la mayor cantidad de radiación solar sobre una superficie es muy importante, el tipo de material utilizado como reflejante deberá también ser tomado en cuenta.
- Para definir la forma del reflector concentrador además del desplazamiento del sol es necesario usar conceptos simples de óptica y conceptos de concentración óptica que permitirá lograr mayores densidades de radiación solar.

BIBLIOGRAFÍA

Gonzalo, Guillermo (1998). *Manual de Arquitectura Bioclimática*. Tucumán, Argentina Facultad de Arquitectura y Urbanismo, U.N.T. ISBN 950-43-9028-5 498 p.

Mazria, Edward (1983). *El libro de la energía solar pasiva*. España: Editorial G. Gili, 368 p

Romero Álvarez, Manuel, (2001). Energía solar termoeléctrica, Plataforma solar de Almería - Ciemat . Disponible en:

http://www.uib.es/facultat/ciencias/prof/victor.martinez/recerca/jornades/ManuelRomero/CS_P_Termoelectrica.pdf p. 4. Acceso en: 25/03/2012

Simancas Yovane, K.C. (2003). Reacondicionamiento Bioclimático de Viviendas de segunda residencia en clima Mediterráneo, Unpublished Master, Universidad Politécnica de Catalunya, Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona, Barcelona. Disponible en:

<http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/61113/02PARTE1.pdf?sequence=4> capitulo 1 Acceso en: 25/03/2012

Valdivia Ponce, J. (1977). *Meteorología General*. Perú: Dirección Universitaria de Biblioteca y Publicaciones de la Universidad Mayor de San Marcos. 198 p.

Vega Centeno, Pablo (2007). *El ocaso de un modelo de ciudad minera: Una mirada a Cerro de Pasco y La Oroya*. Lima, Perú Departamento de Arquitectura PUCP, 74 p.

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.



O CENTRO DE REFERÊNCIA PARA O HABITAT SUSTENTÁVEL E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DA PUC-MINAS, POÇOS DE CALDAS

Parisi, Rosana S.B.¹; Fricke, Glacir Teresinha²; Bento, Ricardo Couceiro³; Faria, Aline Vilela⁴; Cândido, Ana Carolina Bibanco⁵; Basílio, Isadora Figueiredo⁶; Soares, Lucas Natan de Souza⁷; Rezende, Natália Capelari⁸; Marin, Thales⁹

- (1) Arquiteta, Mestre em Urbanismo pela FAUPUCCAMP, Doutora em Ciências da Engenharia Ambiental pela EESC-USP, Professora Adjunta III do Curso de Arquitetura da PUC Minas-campus Poços de Caldas: rosanaparisi84@gmail.com
- (2) Arquiteta, Mestre em Engenharia Civil pela Unicamp, Doutora em Planejamento de Sistemas Energéticos pela Unicamp, Coordenadora e Professora do Curso de Arquitetura da USF e Professora Adjunta III do Curso de Arquitetura da PUC-Minas, campus Poços de Caldas: glacir.fricke@gmail.com
- (3) Engenheiro Civil, Mestre em Engenharia pelo IPT, Doutorando da EESC-USP, Professor Assistente III do Curso de Arquitetura da PUC-Minas, campus Poços de Caldas ricardoengenheiro@yahoo.com.br
- (4) a (9) Acadêmicos e bolsistas do FIP 5950/5951 do Curso de Arquitetura da PUC-Minas, campus Poços de Caldas: alline.vilela25@yahoo.com.br carolbibanco@hotmail.com isadora.bazilio@yahoo.com.br lucasnatan@msn.com nathycapelari@hotmail.com thales_marin@hotmail.com

Palavras-chave: Construção, materiais não convencionais, sustentabilidade, habitação de interesse social

Resumo

A referida comunicação se propõe a apresentar o projeto arquitetônico, a escolha de materiais e as etapas da obra do Centro de Referência para o Habitat Sustentável e Eficiência Energética em processo de construção na PUC-Minas, campus de Poços de Caldas-MG. Esta edificação, onde serão empregados BTC e taipa de pilão, entre outros materiais e técnicas não convencionais, viabilizará as atividades e pesquisas do Grupo de Pesquisa e Estudo de Materiais Alternativos para um Habitat Sustentável e do Curso de Pós Graduação Habitat Sustentável e Eficiência Energética da mencionada universidade. A proposta metodológica para o desenvolvimento do projeto com base na sustentabilidade ambiental tem como partido a análise do clima do local, identificação da zona bioclimática, segundo a NBR 15220-3 e da NBR 15575 que trata do desempenho das edificações até cinco pavimentos. Para a análise dos resultados foi utilizado o Software Arqitrop versão 3.0 para a avaliação da carga térmica do módulo projetado e a criação da ficha de acompanhamento da obra que permite a análise do ciclo de vida da construção. Estas análises reforçam a necessidade de se intensificar a normatização para avaliar as técnicas e sistemas construtivos não convencionais que podem ser utilizados em habitações de interesse social, desmistificando o emprego das técnicas de construção à base de terra, assim como o uso dos outros materiais e componentes presentes no projeto, e reforça a importância da existência de novas construções onde a sustentabilidade pode ser contemplada sob diversas esferas.

1. INTRODUÇÃO

O objetivo principal do desenvolvimento desse estudo é apresentar uma metodologia para construir um referencial teórico para o desenvolvimento de projetos de arquitetura baseados na sustentabilidade ambiental, aplicados em dois módulos em construção no Campus da PUC Minas – Poços de Caldas, a fim de abranger técnicas de eficiência energética, conforto térmico, lumínico e acústico. Pretende-se ainda que o projeto gere menor índice de desperdício dos materiais utilizados na obra, com o intuito de resultar menores impactos ao meio ambiente.

Para chegar a um resultado de pesquisa satisfatório, várias propostas de projetos sustentáveis do Brasil e do Exterior foram analisadas junto às normas técnicas pertinentes a um satisfatório desempenho da edificação, às técnicas de condicionamento passivo e não convencionais a fim de atender a característica sustentável da edificação. Foram ainda destacadas como referência as diretrizes construtivas para o Zoneamento Bioclimático,

sendo que a cidade de Poços de Caldas-MG pertence à denominada Zona I. O objetivo é que o resultado da proposta em construção viabilize o Centro de Referência em Pesquisas para um Habitat Sustentável e Eficiência Energética para aprofundar os estudos e definir as diretrizes construtivas para projetos habitacionais de interesse social com ênfase na sustentabilidade ambiental.

Segundo Keeler e Burke (2010) para o desenvolvimento de um projeto sustentável, a edificação deve resolver todas as problemáticas tanto na fase de projeto quanto na fase da obra.

Outro objetivo é mostrar que uma proposta satisfatória pode recorrer a recursos de projeto e de escolha de materiais passíveis de serem empregados em habitações de interesse social, utilizando técnicas sustentáveis e de baixo custo, empregando, por exemplo, BTC, adobe e taipa de pilão, entre outros materiais e técnicas apropriados, e ainda sistemas como a reutilização das águas cinzas do esgoto para a rega de jardins e abastecimento de caixa de descarga. O uso de um teto jardim pode ser incorporado ao projeto com ênfase na economia de energia, pois tal sistema de cobertura isola a radiação solar incidente na cobertura.

2. ANTECEDENTES

A preocupação com a sustentabilidade surgiu no início em 1962 com a publicação do livro *Primavera Silenciosa*, de Rachel Carson. Alguns anos mais tarde, a valorização ambiental fez parte da agenda no Clube de Roma (1968), questionando o modelo econômico vigente na época e a exploração dos recursos naturais. Em 1972, a ONU promoveu a primeira conferência sobre o homem e o meio ambiente, conhecida como a Conferência de Estocolmo. Constatou-se, nessa conferência, a destruição do meio ambiente por parte das ações humanas, questionando, então, a relação do homem com seu meio e sua responsabilidade ambiental.

Após 1990, outras conferências abordaram a temática buscando soluções eficazes para os diversos problemas ambientais, trabalhando o tripé da sustentabilidade como o desenvolvimento econômico, social e proteção ambiental. Destacam-se como as principais conferências e tratados a Reunião de Cúpula no Rio de Janeiro (1992), denominada ECO-92, o Protocolo de Quioto (1997) e a Cúpula da Terra de Joanesburgo (2002), destacando a última conferência pela importância dada para aplicação dos conceitos de desenvolvimento sustentável em países menos desenvolvidos, abordando a justiça social como necessária à prática da produção da habitação sustentável (Keller; Burke, 2010).

O conceito de desenvolvimento sustentável foi utilizado pela ex-primeira ministra norueguesa Gro Brundtland no relatório em que alerta para as condições ambientais, conhecido como *Our Common Future*. O “Relatório Brundtland”, como ficou conhecido, alertou a sociedade para a problemática ambiental e o impacto que isso geraria a toda sociedade futura. A partir dessas discussões passou-se a utilizar o conceito de desenvolvimento sustentável que significa, basicamente, suprir as necessidades do presente sem afetar a habilidade das gerações futuras de suprirem as suas próprias (Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, 1991). Em referência à bioclimatologia e à questão da eficiência energética que será trabalhada no Centro de Referência da PUC Minas, foram estudados Lamberts et al. (1997) que traçam estratégias construtivas segundo as considerações climáticas na edificação, valorizando o uso de técnicas passivas. Já Gauzin-Müller (2002) trabalha o desenvolvimento da sustentabilidade através da arquitetura e do planejamento urbano, mostrando as alternativas ecológicas junto às propostas práticas e as perspectivas para um mundo mais sustentável. Apresenta a arquitetura ecológica no cenário europeu e também as características bioclimáticas abordadas nas obras analisadas, como a integração da edificação com o entorno natural, otimização da iluminação natural e uso de materiais de demolição. Dentro desta corrente de

pensamento se enquadram, perfeitamente, as técnicas de construção com terra que serão empregadas nas referidas construções.

Ao mesmo tempo, Roaf (2006) alerta para os perigos de não se preservar o meio ambiente, exemplificando soluções ambientais e estudos sobre o ambiente e sua melhor utilização que podem ser aplicados nas ECOHOUSES¹.

Porto (2010) defende a necessidade da aplicação de técnicas construtivas sustentáveis, abordando de modo abrangente o tema da sustentabilidade e apresentando os impactos ambientais causados por algumas técnicas construtivas. A partir dessa vertente construtiva, o autor relata, através de projetos arquitetônicos, uma nova visão necessária à arquitetura e apresenta um plano de ação para que essas novas diretrizes sejam postas em prática.

Mascaró (2010) auxilia na escolha do sítio urbano e mostra as técnicas que podem ser aplicadas à edificação sustentável, como a utilização do sistema de captação de água de chuva, sistemas de esgoto doméstico, abastecimento de energia, entre outros, mostrando de forma didática o passo a passo dessas técnicas para a aplicação das mesmas em obra, tal como será realizado no Centro de Referência desta pesquisa.

Para o estabelecimento de diretrizes para o desenvolvimento de um projeto arquitetônico sustentável e eficiente sob o ponto de vista do consumo de energia, com baixo impacto ambiental e técnicas construtivas de condicionamento passivo é necessário conhecer as Normas Brasileiras. A NBR 15220-3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social estabelece as estratégias construtivas de acordo com o zoneamento bioclimático; a NBR 15575: Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Desempenho define as recomendações para o desempenho das edificações, desde a parte estrutural até os revestimentos, inclusive o conforto ambiental das edificações; as NBR 10836 e NBR 8492 servem de referência para determinar a resistência dos tijolos e blocos de solo-cimento; NBR 10152: Avaliação do ruído em áreas internas estabelece o nível de ruído sonoro no interior dos compartimentos e a NBR 5413 – Iluminância de interiores.

3. O PROJETO ARQUITETÔNICO SUSTENTÁVEL

A elaboração das diretrizes construtivas destinadas ao desenvolvimento do projeto do Centro de Referência com base na sustentabilidade ambiental teve o seu partido baseado nas normas brasileiras, na análise da topografia do terreno, nas condicionantes do lugar, além das tecnologias que reutilizam materiais anteriormente descartados e que empregam diversas técnicas de construções sustentáveis de baixo custo para que, posteriormente, o projeto sirva de base para outros projetos habitacionais de interesse social.

3.1 Análise do clima local

O município de Poços de Caldas encontra-se localizado no sul de Minas Gerais, e na região Sudeste do Brasil. Possui sua vegetação natural caracterizada por dois tipos: campo e floresta tropical. Na floresta tropical a densidade é baixa e permite grande entrada de luz natural (solar), favorecendo o crescimento da vegetação arbustiva e herbácea. Como anteriormente informado, a região de Poços de Caldas pertence à zona bioclimática I, uma das menores ocorrências desse tipo de clima no Brasil, de acordo com a NBR 15220 que trata do conforto térmico, em sua parte 3. As principais estratégias de condicionamento térmico são de aquecimento solar da edificação e vedações internas pesadas, com inércia térmica. As vedações externas devem ser leves e as internas pesadas, a cobertura leve e isolada deve permitir a entrada do sol no inverno e necessita aquecimento. As aberturas médias e ventilação cruzada, sombreamento das aberturas de forma a permitir a incidência solar internamente durante o inverno, estação onde há queda de temperatura em Poços de Caldas. Segundo o zoneamento bioclimático, a condição é que haja 20% de aberturas em

relação à área do piso. O condicionamento passivo será insuficiente para aquecimento interno durante o período mais frio do ano, apresentando a necessidade de uma estrutura com boa inércia térmica, assim como de tecnologias de aquecimento eficazes. “A forma, a orientação e a implantação da edificação, além da correta orientação de superfícies envidraçadas, podem contribuir para otimizar o seu aquecimento no período frio, através da incidência de radiação solar. A cor externa dos componentes também desempenha papel importante no aquecimento dos ambientes através do aproveitamento da radiação solar.” (NBR 15220-3, 2005, p.3.).

3.2 Análise do ciclo de vida

Um projeto sustentável deve considerar ainda a análise do ciclo de vida da construção, envolvendo os três estágios: fase anterior ao uso; o uso; e posterior ao uso (figura 1). O Estágio I compreende o desenvolvimento do projeto e da construção, e representa a ocasião para a escolha dos materiais preferencialmente aqueles disponíveis com menor consumo de energia, impacto ambiental e transporte. No Estágio II, o grupo de estudos deve acompanhar e registrar as particularidades do uso da edificação, avaliando como economizar energia e mitigar as emissões de CO₂, que podem atingir até 50% de economia, de acordo com o projeto arquitetônico e o tipo de material definido para os fechamentos das fachadas e cobertura, além das aberturas. No Estágio III, o ciclo de vida da construção, deve abranger a previsão para demolição, transporte, reuso e disposição final.



Figura 1 - Estágios do ciclo de vida da construção. Fonte: UNEP SBCI, 2010

3.3 O projeto arquitetônico – O Centro de Referência

Após diversas reuniões realizadas para discutir as estratégias para o desenvolvimento do projeto, foram definidos os princípios metodológicos norteadores do projeto do Centro de Referência.

Dentre os locais disponibilizados pela reitoria da PUC Minas para a implantação do projeto, o primeiro desafio enfrentado pela equipe correspondeu à escolha do local mais adequado, que foi baseada nos seguintes critérios: topografia, orientação solar, incidência dos ventos dominantes, maior proximidade com o curso de Arquitetura e Urbanismo e visualização da futura construção. Escolhido o local para a implantação do projeto, foram realizadas as sondagens a trado do solo e a sondagem à percussão. Após as análises laboratoriais, foi constatada a baixa resistência do solo local e indicada a necessidade de sapatas isoladas em brocas com concreto convencional e fundação profunda.

Como o grupo de pesquisas, no qual se insere este projeto, tem tradição em pesquisas com terra foi decidido o emprego dos fechamentos do Centro de Referência utilizando a alvenaria

de BTC – bloco de terra comprimida, e a taipa de pilão no brise-marquise, que protege a edificação os ventos originários da direção Nordeste. Projeta-se, também, o emprego de portas vedadas com bambu e brises feitos desse mesmo material, além do uso de madeiras certificadas a partir de processo de reflorestamento ou de demolição para os pilares, vigas e piso.

Foi definido o projeto modular que permite acréscimos, sendo que o processo de projeto mostra as etapas estudadas até o presente momento.

4. RESULTADOS OBTIDOS E ANÁLISE

Os resultados obtidos ora apresentados envolvem o projeto do Centro de Referência e a análise da carga térmica do módulo projetado.

4.1 Tipologia

Partiu-se de um princípio modular para o projeto, pois o mesmo pode ser empregado também em habitações de interesse social, cujas ampliações geralmente ocorrem sem um programa adequado para famílias maiores, ou para famílias que demandem necessidades específicas. Assim, entendeu-se que o projeto modular seria a forma apropriada para exemplificar as possibilidades de ampliação. O primeiro módulo do projeto, com área de 31,75 m², foi desenvolvido de forma que futuramente possa receber ampliações modulares (figura 2).

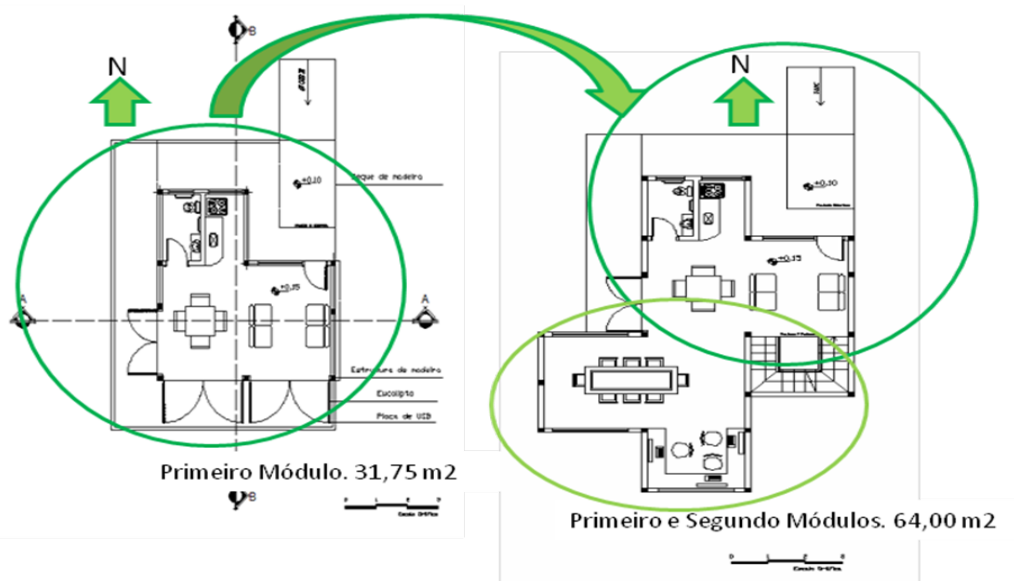


Figura 2 - Plantas do primeiro e do segundo módulo importadas da ferramenta CAD.
Fonte: GEHS², 2011

Por isso, foram consideradas adaptações futuras para a ampliação da edificação com diferentes estratégias modulares, dinamizando os ambientes e possibilitando ocupações para as desejadas demandas que o Centro de Referência pretende atender.

A proposta seguiu os parâmetros de uma edificação unifamiliar, com a construção desenvolvida em etapas, modificando, em escala mínima, o perfil topográfico do terreno, e desenvolvendo a implantação segundo as diretrizes da direção do Norte como fator principal para estratégias de conforto térmico e luminoso para as construções localizadas no hemisfério Sul. A figura 3 mostra alguns destes pressupostos que nortearam a elaboração do projeto.

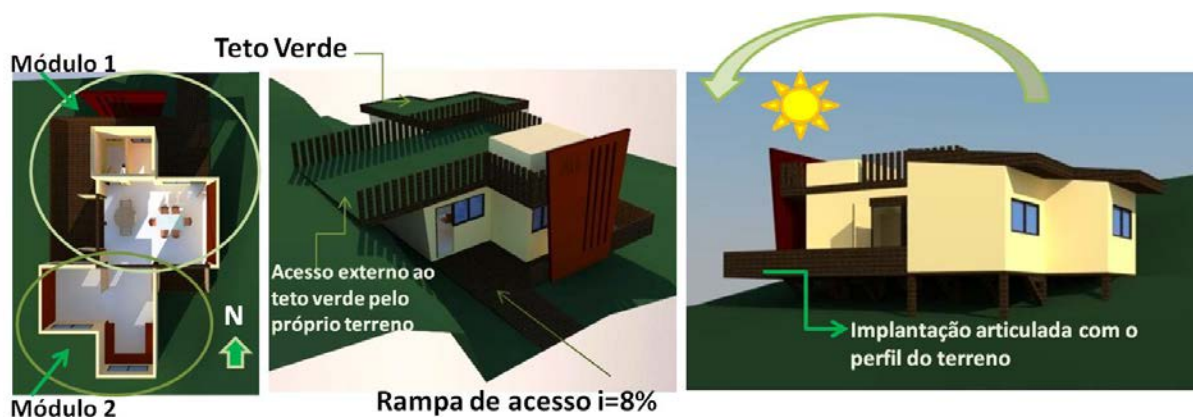


Figura 3 – Perspectivas da maquete eletrônica do Estudo de Caso do Centro de Referência PUC Minas – *campus* Poços de Caldas. Fonte: GEHS, 2011.

Para o acompanhamento da obra foi criada uma ficha para o registro de todas as informações sobre a construção, conforme ilustra a tabela 1. A obra foi iniciada em setembro de 2011, interrompida por falta da liberação dos recursos e reiniciada no mês de março de 2012.

Tabela 1. Ficha de acompanhamento de obra para registro

Passo-a-passo da Obra do Centro de Referência em Sustentabilidade e Eficiência Energética	
Aluno(s): Alline Vilela, Ana Beatriz R. Barroso, Ana Carolina Bibanco Cândido, Lucas Natan S. Soares, Isadora F. Babilio, Nathália Rezende e Thales Marin	Data: 26/09/2011
	Período: Manhã/Tarde
Quantidade de pessoas trabalhando: 4	
Qualificação dos trabalhadores: Mestre de obra/ Engenheiro(2)/ Servente (2)	
Horário de trabalho: 7:30h às 12:00h/13:00h às 17:00h	
Materiais que chegaram na obra: Material necessário para a marcação do gabarito, sarrafos remanejados de outra obra pela Construtora CONEL. Origem de uso da empresa, depois de usados serão devolvidos para a mesma	
Materiais pedidos: -	
Trabalho executado: No período da manhã foram feitas as marcações de eixo a eixo. A tarde foi iniciada a marcação da obra; notou-se que quando o módulo fosse ampliado, implicaria em corte do talude, assim, foi programado um recuo de 1,22m para não prejudicar na obra. Depois dessa marcação, ampliou-se o recuo em 1m para manter o gabarito e assim demarcou-se o canteiro de obras	
Condição do tempo: Tempo bom	
Anotações: As 15:00h, Thales levou as medidas de eixo. Com isso foi percebido pelos pedreiros uma diferença de 10 cm em uma das medidas e foi necessária toda uma revisão das medidas. O engenheiro da obra disse que era apenas problema com a trena que é flexível e não era problema de desenho. Nova marcação será realizada novamente amanhã no período da manhã. Foram utilizados sarrafos da empresa CONEL para economia, outras madeiras adquiridas pela universidade estão guardadas	

4.2. Avaliação da carga térmica do módulo projetado

A avaliação do conforto térmico foi realizada através do software Arqitrop 3.0 (Roriz; Basso, 1990). As simulações ocorreram em duas datas consideradas típicas, do solstício de inverno, dia 15 de julho e do solstício de verão, dia 15 de janeiro. A figura 4 apresenta a representação gráfica da distribuição térmica durante 24 horas. Na análise da distribuição do fluxo térmico (Watt) nos dois módulos é possível verificar a perda da carga térmica, através das fachadas entre 0h00 e 10h00. As fachadas são responsáveis pelo aumento da carga

térmica, a partir das 12h00 até às 19h00. A ocupação, a cobertura e os vidros não têm contribuição significativa para a carga térmica, enquanto que as fachadas são relativamente os maiores captadores de energia solar, no período compreendido entre 12h00 e 20h00, causado pela inclinação do ângulo de incidência solar, no inverno, o que melhora as condições de conforto quando se emprega o BTC e a taipa de pilão como elemento de proteção presente na fachada Norte.

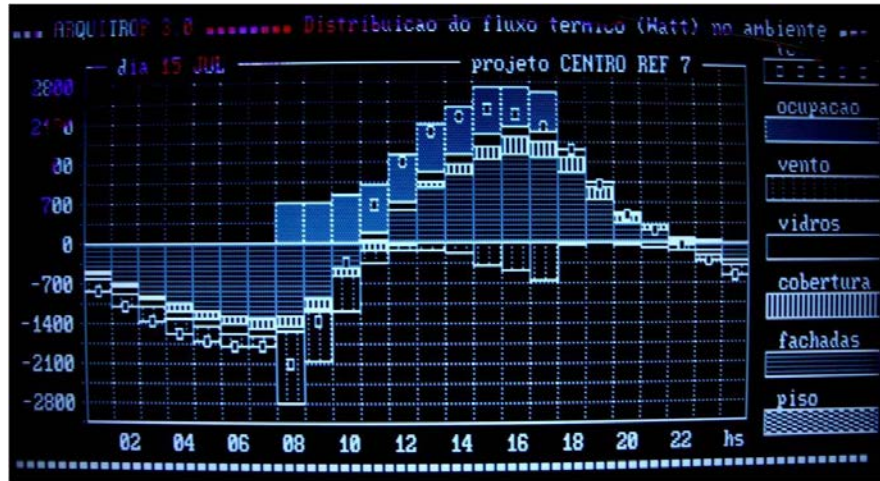


Figura 4 – Simulação no solstício de inverno. Fonte: Elaboração dos autores

Na análise da distribuição do fluxo térmico (Watt) nos módulos, conforme a figura 5, é possível verificar semelhança entre os horários em que ocorre a perda da carga térmica, através das fachadas entre 0h00 e 10h00, bem como o aumento da carga térmica, a partir das 13h00. É possível verificar que a ocupação apresenta a maior contribuição para a carga térmica a partir das 08h00 até as 17h00, ou seja, no período de funcionamento do Centro de Referência. As fachadas não tem contribuição significativa no dia típico 15 de janeiro para a zona bioclimática 1 onde o Centro de Referência foi analisado.

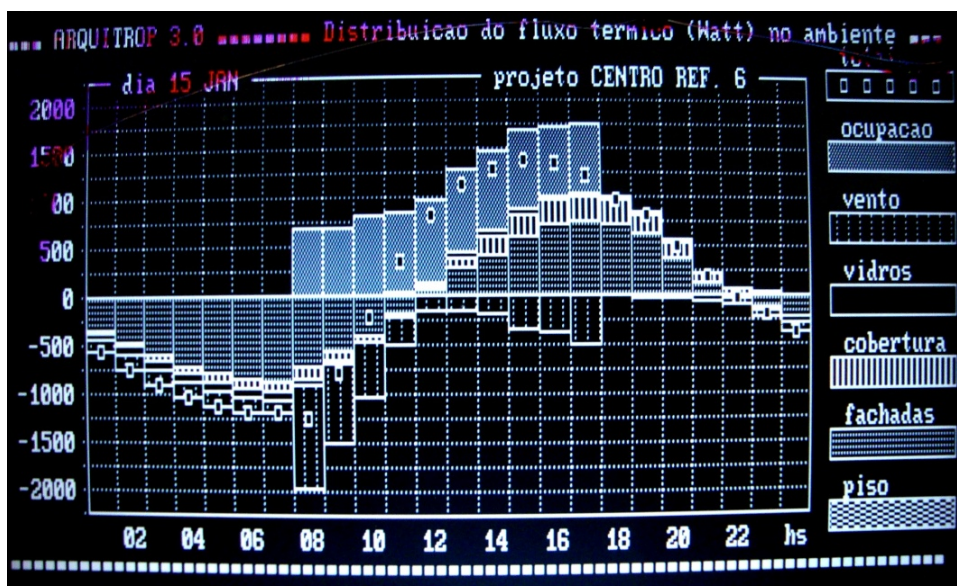


Figura 5 – Simulação no solstício de verão. Fonte: Elaboração própria.

4.3. Discussão dos resultados

Uma vez que o presente trabalho diz respeito a um projeto em andamento, há uma série de intercorrências, que não dizem respeito aos aspectos técnicos do mesmo, que não foram aqui abordadas.

No que diz respeito ao projeto, ainda que o conceito e a concepção arquitetônica tenham sido concluídos, espera-se dar continuidade às discussões das questões de natureza social e econômica, além da ambiental, para que os resultados em processo de obra e construção sejam satisfatórios e correspondam positivamente às necessidades e aos pressupostos iniciais e técnicos. Referente ao aspecto da avaliação da carga térmica, com a simulação realizada através do software Arqitrop 3.0 (Roriz; Basso, 1990), a escolha de materiais apresenta-se satisfatória, respondendo bem tanto em análise realizada durante o solstício de inverno, dia 15 de julho, assim como durante o solstício de verão, dia 15 de janeiro. Porém, a partir da cobertura da edificação, será instalada junto ao módulo uma Estação Meteorológica e iniciada a aferição de dados para que posteriormente seja possível o estabelecimento de análises e comparações a fim de que, caso necessário, haja alterações técnico-construtivas que contribuam para o melhor desempenho da edificação.

No que diz respeito às alterações relativas a NBR 15575, que ainda está em processo de revisão, é possível que a mesma não sofra grandes alterações daquela publicada em 2008, ainda que a exigência de seu cumprimento deve ser iniciada a partir de março de 2013. Sabe-se também, que os pontos mais polêmicos em revisão, não estão ligados ao projeto, mas sim à indústria de materiais. Assim, ainda que durante o processo de elaboração da Norma tenha sido pouco significativa a participação dos arquitetos, as alterações pleiteadas para a mesma não refletirão sobre os aspectos de projeto e mesmo assim, a participação dos arquitetos, nesta última fase tem sido bastante expressiva. De acordo com a Profa. Dra. Mércia Barros (2012), do Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, “se a Norma 15575 tivesse entrado em vigor com seu texto original, o que teria mudado é o que está mudando. Já há várias empresas atentas as questões de segurança, as questões de manutenção, as questões acústicas e térmicas, enfim, já estão trabalhando dentro da norma e usando materiais de qualidade e sensíveis às diferenças climáticas do país. Mas estamos engatinhando no processo”.

5. CONCLUSÃO

Considerando o trabalho envolvido no desenvolvimento de projeto de arquitetura baseado nos conceitos da sustentabilidade pode-se concluir que:

- Os estudos sobre a sustentabilidade devem prosseguir de forma mais abrangente, incluindo a necessidade de respeitar o tripé que envolve as questões sociais, econômicas e ambientais. Neste estudo todos estes fatores foram considerados e fazem parte de um relatório maior do Projeto de Pesquisa em que se baseia esta comunicação (Parisi et al., 2012).
- A aplicação da análise do ciclo de vida das construções foram consideradas sempre que a identificação do material a ser definido no projeto implicasse transporte e emissões de CO₂.
- A forma de produção para definir a escolha dos materiais a serem utilizados, a análise do ciclo de vida dos mesmos e a qualidade do trabalho a ser desenvolvido são fatores que definem uma construção de qualidade com base no projeto arquitetônico sustentável.
- A escolha do emprego do BTC para as alvenarias e da taipa de pilão para o brise-marquise de proteção da fachada Norte da edificação colaboraram de forma interessante para com as análises do conforto térmico, reforçando a importância do emprego de técnicas de construção à base de terra em construções sustentáveis.

Pode-se concluir, ainda, que o Centro de Referência em Sustentabilidade e Eficiência energética na PUC Minas- campus Poços de Caldas viabilizará a continuidade das pesquisas para verificar a eficiência de diversos materiais não convencionais para a aplicação em habitações de interesse social, como também um referencial de edificação sustentável para cidades similares ao zoneamento bioclimático 1, assim como de emprego de técnicas e sistemas construtivos não convencionais para Poços de Caldas e região, utilizando técnicas passivas para uma edificação sustentável e também adotando as técnicas vernaculares mais naturais e/ou adaptadas ao contexto, que respeitem o zoneamento bioclimático aonde o projeto será construído.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT (2005). NBR 15220-3 – *Desempenho térmico de edificações*. Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. São Paulo: ABNT, 30p.
- ABNT (2010). NBR 15575 – *Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Desempenho*. São Paulo: ABNT, 51p.
- ABNT (1994). NBR 10836 – *Bloco vazado de solo-cimento sem função estrutural - Determinação da resistência à compressão e da absorção de água – Método de ensaio*. São Paulo: ABNT, 2 p.
- ABNT (1984). NBR 8492 – *Tijolo maciço de solo-cimento – Determinação da resistência à compressão e da absorção d'água – Método de ensaio*, São Paulo: ABNT, 5p.
- ABNT (1992). NBR 10152 – *Níveis de ruído para conforto acústico - Procedimento*. São Paulo: ABNT, 4p.
- ABNT (1992). NBR 5413 – *Iluminância de interiores*. São Paulo: ABNT, 13p.
- BARROS, M. (2012) - NBR 15575 vai precisar de constantes revisões. Entrevista concedida à Cimentos Itambé. Disponível em: <http://www.cimentoitambe.com.br/massa-cinzenta/nbr-15575-vai-precisar-de-constant-revisoes/>. Último acesso em: 19/06/2012.
- COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO (1991). *Nosso Futuro Comum*. 2ª ed. Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getúlio Vargas.
- GAUZIN-MULLER, D. (2002). *Arquitectura Ecológica*. Barcelona: Gustavo Gilli, 286p.
- KEELER, M.; BURKE, B. (2010). *Fundamentos de projetos para edificações sustentáveis*. 1ed. Porto Alegre: Editora Bookman.
- LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F (1997). *Eficiência energética na arquitetura*. São Paulo: PW.
- MASCARÓ, J. L. (2010). *Sustentabilidade em urbanizações de pequeno porte*. 1ed. Editora: Masquatro.
- PARISI, R. S. B. et al (2012), *Centro de referência para o habitat sustentável e eficiência energética*, Relatório Parcial, Cópia Impressa, Poços de Caldas: PUC-Minas, 117p.
- PORTO, M. (2010). *Processo de projeto e a sustentabilidade na arquitetura*. Editora C4.
- ROAF, S. (2006). *Ecohouse: A casa ambientalmente sustentável*. 3ed., Porto Alegre: Editora: Bookman, 408p.
- RORIZ, M.; BASSO, A.(1990). *Arquitrop*, versão 3.0, São Carlos, SP. Disponibilidade gratuita com obtenção direta (disponível para carregamento) através do endereço: www.arquitetura.eesc.usp.br/sap0649/Fichas.../Fichas_arquitrop.html. Acesso em 25/03/2012

UNEP SBCI (2010). United Nations Environment Programme – Sustainable Building & Climate Initiative. Symposium on sustainable buildings 19-20 May 2010.

NOTAS

- (1) ECOHOUSES é um termo surgido nos anos 70 como resposta às necessidades de alternativas sustentáveis e também, a alta no preço do petróleo. Pois a eco-arquitetura visiona as edificações como parte do habitat vivo e da cadeia ecológica do planeta, valorizando a edificação como um projeto a ser depositado num sítio e considerando assim, suas qualidades no meio ambiente em que se encontrar inserida.
- (2) GEABS – Grupo de Estudos Ambientais para um Habitat Sustentável e Eficiência Energética. Curso de Arquitetura e Urbanismo, PUC-Minas, Poços de Caldas.

AUTORES

Rosana Soares Bertocco Parisi, Arquiteta e Urbanista, Mestre em Urbanismo pela FAUPUCCAMP (2003), Doutora em Ciências da Engenharia Ambiental pela EESC-USP (2008) é Professora no Curso de Graduação de Arquitetura da PUC-Minas, campus de Poços de Caldas desde 1997, Membro do Colegiado de Coordenação do Curso de Arquitetura da PUC-Minas campus de Poços de Caldas desde 2011 e Coordenadora do Curso de Pós Graduação Latu-Sensu "Habitat Sustentável e Eficiência Energética" da mesma universidade.

Glacir Teresinha Fricke é Arquiteta e Urbanista, Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Campinas, SP (1992) e Doutora em Planejamento de Sistemas Energéticos pela Universidade Estadual de Campinas, SP (1999), Professora Licenciada do Curso de Graduação em Arquitetura e Urbanismo da PUC-Minas, campus de Poços de Caldas onde atuou desde 1998, professora e Coordenadora do Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade São Francisco, campus de Itatiba-SP desde janeiro de 2010.

Ricardo Couceiro Bento é Engenheiro Civil, Mestre em Habitação: Planejamento e Tecnologia pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo-IPT-SP (2004), Doutorando em Engenharia pela EESC-USP. É Professor Assistente III do Curso de Arquitetura e Urbanismo da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, campus de Poços de Caldas desde 1998. Atualmente é membro do Colegiado de Coordenação do curso.

Alline Vilela Faria, Ana Carolina Bibanco Cândido, Isadora Figueiredo Basílio e Lucas Natan de Souza Soares, Natália Capelari Rezende e Thales Marin são graduandos do Curso de Arquitetura e Urbanismo da PUC-Minas, campus de Poços de Caldas. Os quatro primeiros foram bolsistas dos Projetos de Pesquisa FIP 5950 e 5951 S1/2011 no ano de 2011 e hoje atuam como voluntários do projeto. Os dois últimos, atualmente são os Bolsistas do Projeto de Pesquisa FIP 6723 S1/2012, relativo ao tema da presente comunicação.



TECNOLOGIAS SOCIAIS APLICADAS À HABITAÇÃO RURAL: UM ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE SENADOR RUI PALMEIRA/ AL

Vitorino, Natiele Vanessa¹; Moraes, Odair Barbosa²

(1) Aluna de Graduação – Arquitetura e Urbanismo, UFAL, Av. Manoel S. Barbosa – Arapiraca/ AL, tel.: (82)3482-1830
e-mail: natielevitorino@gmail.com

(2) Professor - Arquitetura e Urbanismo, UFAL, Av. Manoel S. Barbosa – Arapiraca/ AL, tel.: (82)3482-1830
e-mail: odair.moraes@gmail.com

Palavras-chave: Tecnologias construtivas, Habitação rural, Tecnologias sociais.

Resumo

As pesquisas sobre habitação têm sido focadas, em sua maioria, no ambiente urbano. No entanto o déficit habitacional rural também exige soluções adequadas a sua realidade. Durante a realização da Operação Centro-Nordeste/Alagoas do Projeto Rondon em janeiro de 2010, a equipe da UFAL/Arapiraca identificou a necessidade de assessoria à comunidade local, tanto para construção de novas moradias rurais, quanto para melhoramento das existentes no município de Senador Rui Palmeira/AL. As oficinas realizadas com a comunidade apontaram como tecnologias potencialmente apropriadas à região a produção de paredes monolíticas com solo-cimento e telhões de argamassa armada tanto pela disponibilidade de matéria-prima como de mão de obra. No sentido de verificar a adequação destas tecnologias ao ambiente proposto, pretende-se avaliar a sua viabilidade técnica por meio do desenvolvimento de projeto e construção de uma unidade habitacional em parceria com a organização não governamental local CACTUS (Centro de Apoio Comunitário de Tapera em União a Senador). Dessa forma, precedeu-se uma revisão bibliográfica sobre habitação rural e tecnologias construtivas; posterior coleta e análise de amostras de solo em diferentes regiões do município para produção de paredes de solo-cimento; levantamento de campo das tipologias habitacionais existentes para elaboração de projeto do protótipo habitacional e; realização de oficinas de transferência de tecnologia. Os resultados encontrados, com a construção do protótipo e a capacitação de mão de obra local, demonstram a sua viabilidade e possibilidade de replicação. O monitoramento desta ação pretende contribuir para o desenvolvimento local, integrado e sustentável dos pontos de vista social, econômico e cultural da comunidade.

1. INTRODUÇÃO

A necessidade básica de moradia para o homem, fruto da necessidade de abrigo, é evidente desde o homem primitivo que ocupava as cavernas e as copas das árvores para se proteger das intempéries e dos intrusos. Posteriormente, com o progresso técnico, o homem passou a construir seu próprio abrigo, formando aldeias onde se fixava para o desenvolvimento de suas atividades de subsistência (Moraes, 2002).

Com o desenvolvimento do Capitalismo, a habitação começa, embora lenta, a assumir a forma de mercadoria. Entretanto, o sistema econômico privado, não consegue oferecer habitação a todos e a obrigação passa progressivamente para o Estado (Villaça, 1986). Logo, ao longo dos anos vários programas habitacionais foram criados com o intuito de atender àqueles que não têm condições econômicas de pagar por uma moradia.

Outro fator foi o avanço tecnológico, que gerou diversos benefícios ao homem. Porém, enquanto algumas sociedades desfrutam das mais avançadas tecnologias, outras vivem em condições precárias. No Brasil, onde sempre cabe ressaltar as características continentais e as diferenças naturais, convive-se também, com situações díspares em uma mesma localidade. Ao comparar o urbano e o rural, estas diferenças tornam-se mais acentuadas (Moraes, 2002).

Ao analisar o quadro habitacional brasileiro, nota-se que o *déficit* habitacional tem apresentado ao longo dos anos valores significativo. Em 1991, totalizava 4,99 milhões de

moradias; em 1995, 5,62 milhões; em 2007, 6, 273 milhões e em 2008, 5,546 milhões de moradias (Fundação João Pinheiro, 2008). A maior concentração do *déficit* está nas regiões Sudeste e Nordeste, mas se comportando de forma distinta, pois enquanto na primeira o *déficit* está localizado na área urbana, na região Nordeste a maior precariedade encontra-se na área rural. Outro fator que é analisado pelo *déficit* habitacional é a faixa de renda média familiar em termos de salários mínimos. Dados estes que servem na aplicação de programas públicos. A análise segundo faixas de renda é dividida em quatro categorias: a faixa de “três salários mínimos compreende 89,6%, a “mais de três a cinco”, 7,0%, a “mais de cinco a dez”, 2,8%, e a “mais de dez”, 0,6%. Na categoria até três salários mínimos, está incluso a parcela da população sem renda, quando a mesma é desmembrada observa-se que a participação das famílias sem renda no *déficit* não pode ser desprezada. No Brasil 9,1% do *déficit* atingem famílias sem renda (Fundação João Pinheiro, 2008).

A concentração do *déficit* na faixa até três salários mínimos é de 89,6% considerando a faixa de renda até cinco salários mínimos, são mais 7,0% das famílias, totalizando 96,6% das carências urbanas. Essas tendências se repetem em todas as regiões, de forma mais acentuada no Nordeste, onde o percentual é de 84,7%, o maior do país. Estados como Maranhão, Ceará, Paraíba, Pernambuco e Alagoas a renda equivale a pouco mais de meio salário mínimo. A distribuição de renda da população é um indicador utilizado pelos programas habitacionais que privilegia a classe com renda de “até três” salários mínimos; nota-se, inclusive, que os critérios utilizados por esses programas desamparam uma parcela da população que vive em piores condições, principalmente aquelas presentes nas áreas rurais (Fundação João Pinheiro, 2008).

Ao longo dos anos vários programas foram criados com o intuito de minimizar o problema da habitação no país, no entanto, voltados para áreas urbanas. No caso específico da habitação rural o programa foi criado recentemente pelo governo federal e é uma extensão do Programa Minha, Minha Vida (PMCMV), tendo como objetivo auxiliar na construção de unidade habitacional aos agricultores familiares. Mas o percentual do programa destinado à área rural ainda é reduzido (Caixa Econômica Federal, s.d.).

Por outro lado, as tecnologias têm influenciado de forma intensa o processo de desenvolvimento mundial. Numa análise histórica podemos afirmar que o desenvolvimento de novas tecnologias vem da necessidade do homem de conseguir, cada vez mais, melhores condições de vida. Contudo, os resultados desse desenvolvimento nem sempre podem ser considerados positivos e o papel da tecnologia passa a ser questionado. Como afirma Schumacher 1983, p.25): “À medida que um problema está sendo ‘solucionado’ aparecem dez novos problemas resultantes da primeira ‘solução’”.

Diante de questionamentos sobre os impactos do desenvolvimento e da tecnologia sobre o homem e o meio ambiente, constata-se a necessidade de visualizar a tecnologia em todas as suas faces. Isso implica encarar a tecnologia como variável, como sugere Reddy ao afirmar que: “toda opção tecnológica parece dispor de um código genético, de tal forma que quando em condições favoráveis consegue implantar-se em um novo meio, tende a reproduzir as condições socioculturais em que foi gerada” (Reddy *apud* Salas, 1998).

A constatação de que a simples transferência de tecnologia moderna para países em desenvolvimento para resolver seus problemas acabou gerando-os ainda mais, fez surgir uma corrente de pesquisadores em favor do que se convencionou chamar de tecnologia apropriada, que teve em Schumacher (1983) um de seus principais defensores.

Essa tecnologia, qualificada por Schumacher como tecnologia com fisionomia humana, está direcionada à solução de problemas sociais e econômicos presentes nos países do Terceiro Mundo e deveria ter os seguintes atributos: pequena escala, baixo custo de capital, simplicidade e não-violência.

Podem-se identificar três ênfases básicas dedicadas ao desenvolvimento do conceito de tecnologia apropriada nesse período: a preocupação com o significado sociopolítico das tecnologias; com seu tamanho, nível de modernidade e sofisticação; e com o impacto

ambiental causado (Castor, 1983). Em todas elas, percebe-se a preocupação com a melhoria das condições de vida dos indivíduos e das sociedades.

Os critérios, ou atributos, estabelecidos por Schumacher continuam válidos e podem ser considerados básicos em qualquer circunstância, contudo outros critérios podem ser agregados em função do contexto considerado.

Uma proposta de critérios, que já insere a questão da sustentabilidade, é a de Castor (1983), segundo a qual devem ser considerados na avaliação de uma tecnologia os seguintes aspectos: eficiência econômica, impactos da tecnologia em exame sobre a escala de funcionamento ou produção do sistema social, grau de simplicidade, densidade de capital e trabalho requeridos, nível de agressão ambiental, demanda de recursos finitos e grau de autoctonia e auto-sustentação permitidas pela tecnologia em exame.

Cabe salientar que as discussões sobre as tecnologias intermédias, ou apropriadas, ocorreram paralelamente às discussões sobre o que se convencionou chamar de desenvolvimento sustentável. Também na década de 1970, surgia o termo *ecodesenvolvimento*, que tentava conciliar o aumento da produção com a preservação dos ecossistemas necessários para manter as condições de habitabilidade na Terra (Naredo, 1998).

Mais tarde este termo foi substituído pelo atual *desenvolvimento sustentável* proposto no Relatório Nosso Futuro Comum (1987-1988), da Organização das Nações Unidas, onde o desenvolvimento sustentável é entendido como “aquele que permite satisfazer nossas necessidades atuais sem comprometer a capacidade de satisfazer as necessidades das gerações futuras” (Naredo, 1998).

Neste contexto de definição de novos paradigmas, o conceito de tecnologia apropriada vem sendo rediscutido e substituído pelo termo “tecnologias sociais”. Existem diversas definições de tecnologias sociais uma das mais difundidas é a adotada pela Rede de Tecnologia Social (RTS): a tecnologia social compreende produtos, técnicas e/ou metodologias reaplicáveis, desenvolvidas em interação com a comunidade e que representam efetivas soluções de transformação social (Fundação Banco do Brasil, 2004). Segundo Dagnino, Brandão e Novaes (2004, p.43): “a inovação não pode ser pensada em algo feito num lugar e aplicado a outro, mas como um processo desenvolvido no lugar onde essa tecnologia vai ser utilizada pelos autores que irão utilizá-los”.

No Brasil, foi desenvolvido o Banco de Tecnologias Sociais em 2001 com o apoio da Secretaria de Ciência e Tecnologia para Inclusão Social do Ministério da Ciência e Tecnologia, da Fundação Banco do Brasil e Petrobrás. No banco estão todos os dados sobre as tecnologias certificadas no âmbito do Prêmio Fundação Banco do Brasil de Tecnologia Social, contempla informações sobre problemas solucionados, municípios atendidos, recursos necessários para implementação, entre outros detalhamentos das tecnologias sociais certificadas (Fundação Banco do Brasil, 2004). A fundação tem o propósito de promover a inclusão social e a melhoria das condições de vida de comunidades participantes dos programas sociais desenvolvidos pela instituição.

No caso específico da habitação, durante as décadas de 1970 e 1980, sob o incentivo do extinto BNH ou da iniciativa do setor privado, desenvolveram-se, no país, inúmeras pesquisas em materiais, técnicas e sistemas construtivos aplicáveis à habitação de baixo custo. Nesse período, o Centro de Pesquisas e Desenvolvimento do Estado da Bahia (CEPED) e mais uma série de centros de pesquisas espalhados pelo Brasil e o Mundo, desenvolveram novos materiais visando o barateamento do custo da casa própria. O desenvolvimento de materiais a base de solo estabilizado foi bastante relevante, notadamente a base de solo-cimento (Moraes, 2002).

Estas pesquisas foram centradas na problemática urbana, porém muitas delas, segundo os princípios da tecnologia apropriada apresentam grande potencial de aplicação no ambiente rural, pela disponibilidade de espaços, materiais e mão de obra local.

Portanto, este trabalho busca resgatar algumas dessas tecnologias, avaliando a viabilidade técnica e social para construção de moradias em ambiente rural, especificamente as tecnologias de paredes monolíticas em solo-cimento e telhões de argamassa armada no município de Senador Rui Palmeira, localizado na mesorregião do sertão alagoano, a qual ainda apresenta uma grande parcela da sua população em áreas rurais. Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), (2011), de acordo com o Censo 2010, a população urbana do município é de 3.944 enquanto a rural é 9.103, notadamente em casas de taipa de mão, sem as devidas condições de habitabilidade.

2. MÉTODO

O trabalho está dividido nas seguintes etapas:

- Revisão bibliográfica através da recuperação e catalogação de artigos, cartilhas e livros sobre habitação rural e tecnologias construtivas para habitação, com foco na produção de paredes monolíticas de solo-cimento e telhão de argamassa armada;
- Análise da matéria-prima em laboratório com amostra de solo coletado na região para determinar os teores de areia e argila, bem como sua retração, cujo objetivo foi de avaliar a viabilidade técnica das tecnologias no contexto local;
- Elaboração de projetos da edificação, onde serão desenvolvidos os projetos do protótipo e das formas para execução do projeto, buscando aplicar os princípios de modulação;
- Realização de oficinas de transferência de tecnologia para confecção de paredes monolíticas e telhões de argamassa armada no sentido de capacitar a população para o uso da tecnologia;
- Acompanhamento e assessoria técnica para construção do protótipo habitacional junto à comunidade;
- Avaliação dos resultados do processo e do produto.

3. RESULTADOS

O projeto foi desenvolvido em parceria com uma organização não governamental local, a CACTUS (Centro de Apoio Comunitário de Tapera em União a Senador) que atua na região promovendo capacitação e mobilização da população. O apoio da CACTUS para realização do projeto foi essencial, pois todas as etapas da pesquisa foram discutidas e realizadas com o seu apoio e da população local mobilizada por ela. O conhecimento da população foi fundamental para a identificação das possíveis fontes de matéria-prima bem como para a definição de outras possíveis alternativas de construção. Após a fase de revisão bibliográfica, a pesquisa de campo foi realizada de acordo com os seguintes procedimentos:

- **Análise da matéria-prima**

Com o auxílio dos moradores foram identificadas possíveis fontes de matéria-prima, dessa forma procedeu-se a coletada de amostras em três regiões do município, com o objetivo de identificar se o solo é adequado para a produção de solo-cimento; através do teste de retração e análises de laboratório.

O primeiro teste realizado, de retração, consistiu em, utilizando uma caixa de madeira com medidas padronizadas, lubrificada com óleo diesel, preparar uma porção do solo peneirado e umedecido sem compactar, deixando em um ambiente fechado, ao abrigo do sol e da chuva durante sete dias. Após, este período verificou-se a retração através da medida da retração em relação às bordas da caixa. Os resultados iniciais encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1 – Resultado do ensaio de retração

AMOSTRA	REGIÃO	RESULTADOS ¹
1	Cabeça do Boi (Reinaldo)	O solo apresentou retração à direita de 0,7 cm e à esquerda de 0,6 cm, totalizando 1,3 cm. Sem fissuras na superfície
2	Béu (Ema)	Retração menor que 1 mm. Sem fissuras na superfície
3	Cabeça do Boi (Lucinha)	Retração menor que 1 mm. Sem fissuras na superfície

Assim, todas as amostras apresentam potencial de aplicação. Na etapa, as amostras foram analisadas em laboratório, por meio de ensaio granulométrico para determinar os teores de areia/argila/silte.

Na primeira etapa do ensaio granulométrico, colocou-se 50 g de solo em copo plástico, em seguida adicionou-se 25 ml de um dispersante químico e 100 ml de água. Agitou-se com bastão e deixou-se o copo coberto em repouso durante a noite. Logo, após transferiu-se o conteúdo para o copo metálico e com o auxílio de um jato de água, e peneirando em uma peneira de 20 cm de diâmetro e malha de 0,053 mm, separou-se o solo arenoso do argiloso.

Na segunda etapa, a areia retirada na peneira com jato de água foi transferida para a lata de alumínio numerada e de peso conhecido, eliminado o excesso de água e colocada na estufa com uma temperatura de 100°C. Após a secagem, foi obtido o peso de areia grossa + areia fina.

Na última etapa, a mistura de solo arenoso foi retirada da estufa e colocada dentro de um dessecado e levado para a balança. Em seguida, passou-se o solo em uma peneira de 13 cm de diâmetro e malha de 0,2 mm, sobre recipiente metálico de mesmo diâmetro para separar areia fina da grossa. Logo, colocou-se a areia fina na mesma lata usada anteriormente, pesando o conteúdo para obter o teor da amostra, o mesmo procedimento foi realizado na areia grossa. Os resultados encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2 – Resultados do ensaio granulométrico²

AMOSTRA	REGIÃO	TEOR DO SOLO (%)		
		Argila + Silte*	Areia Grossa	Areia Fina
1	Cabeça do Boi (Reinaldo)	42,22	35,34	22,44
2	Béu (Ema)	19,48	49,64	30,88
3	Cabeça do Boi (Lucinha)	23,52	53,30	23,18

Após a análise da matéria-prima, demonstrada a adequação e disponibilidade do material, foram iniciadas as etapas de elaboração do projeto e confecções das formas para a parede monolítica de solo-cimento e do telhão de argamassa armada.

• Elaboração do projeto da edificação

Para esta etapa, inicialmente realizou-se levantamento das residências construídas pela CACTUS (Figura 1), com o intuito de identificar juntamente com os moradores o nível de satisfação com as moradias já construídas e as possíveis tipologias espaciais mais adequadas à região. Foram analisados três modelos, onde os residentes levantaram questões de infiltração causada em épocas de chuva, desconforto térmico de alguns cômodos gerado pela insolação e principalmente da quantidade de dormitórios.



Figura 1 – Modelos de residências desenvolvidas pela CACTUS

Após este levantamento, foram desenvolvidos três projetos arquitetônicos para discussão com os moradores e a CACTUS. Após a seleção e ajustes no projeto, foram calculados os quantitativos de materiais necessários para a execução da residência.

- **Oficinas de transferência**

Durante a realização do Projeto Rondon em Janeiro de 2010, já tinham sido realizadas oficinas com a comunidade, onde apontaram como tecnologias potencialmente apropriadas à região a produção de paredes monolíticas com solo-cimento e telhões de argamassa armada, tanto pela disponibilidade de matéria-prima como de mão-de-obra.

Durante o primeiro semestre de 2011 foi realizada uma reunião com a equipe da ONG e a comunidade para reafirmação e capacitação para as tecnologias selecionadas, e após a seleção da família beneficiada foi dado início o processo de planejamento da construção. Com detalhamento do projeto, compra de materiais, bem como visitas à área onde foi executado o projeto.

A ideia inicial era utilizar o processo de mutirão para a construção, no entanto, dado o baixo nível de mobilização da população, a CACTUS optou pela contratação e capacitação de um pedreiro em conjunto com a própria família beneficiada.

Dessa forma foram realizadas pelo pedreiro a locação da obra, escavação e execução das fundações em processo tradicional de pedra rachão e argamassa armada, seguida de embasamento com tijolos cerâmicos de seis furos. A partir daí, foi dado início a construção das paredes em painéis monolíticos de solo-cimento e confecção dos telhões. A capacitação do pedreiro e da família para a utilização da técnica foi realizada *in loco*, no decorrer da execução da obra, por meio da assessoria e acompanhamento da obra.

- **Execução do projeto**

A tecnologia para produção das paredes consiste na utilização de uma mistura de solo, cimento e água, a proporção indicada para a mistura é de 1:15 (uma porção de cimento para quinze porções de solo). O solo antes de ser misturado com o cimento deve estar seco e isento de matéria orgânica, sendo necessário peneirá-lo numa malha quadrada de 5 mm; logo após o cimento é misturado ao solo até atingir uma coloração uniforme, em seguida a água é adicionada aos poucos até alcançar a umidade ideal. As paredes são compactadas no próprio local em camadas sucessivas, no sentido vertical, com o auxílio de fôrmas e guias (Figura 2), sendo a mistura compactada a cada 50 cm que é a altura da forma. O processo de execução assemelha-se ao antigo sistema de taipa de pilão, formando painéis inteiriços, sem juntas horizontais. Para que as paredes sejam resistentes é importante o processo de cura, que devem ser iniciadas doze horas após a execução das mesmas, molhando-se três vezes ao dia durante oito dias. As instalações hidráulicas, sanitárias e elétricas das edificações com paredes maciça de solo-cimento são executadas do mesmo modo como nas construções convencionais.



Figura 2 – Tecnologia para a produção das paredes

Já os telhões de argamassa armada são confeccionados com 1,80 m de comprimento, permite o uso da areia, material abundante na região, por meio da produção de placas de argamassa armada, moldadas em lona, com reforço de telas de arame (Figura 3). Na execução dos telhões é indicado um traço de 1:3 (uma porção de cimento para três de areia), a água é adicionada aos poucos até atingir a umidade ideal. Para a cura o telhão deve ser colocado na sombra, molhando-o três vezes ao dia durante uma semana. A montagem é semelhante à de um telhado convencional, o que difere é que as telhas se apoiam diretamente sobre as terças, o que representa uma economia muito grande no madeiramento do telhado.



Figura 3 – Tecnologia para a produção dos telhões

Durante a execução do protótipo algumas dificuldades foram detectadas:

- com relação às paredes monolíticas de solo-cimento foi constatado que não houve a capacidade da mão de obra em executar as paredes com cuidados e padrões de acabamento necessários. Não há cultura de execução de paredes acabadas, mas sim de correção posterior com argamassa, o que levou a imperfeições durante a execução das paredes. Aliado a esta questão também se detectou que na preparação dos materiais há dificuldade de aceitação de que o peneiramento e a padronização de traços é necessária para um bom resultado final, em suma, havia necessidade de um controle de qualidade e acompanhamento constantes da obra por parte da equipe especializada, o que não foi possível devido a localização do projeto e da disponibilidade da equipe de pesquisadores.

-com relação aos telhões de argamassa armada o controle e acompanhamento tornou-se elemento crucial para o seu desenvolvimento e aplicação, o que acabou por inviabilizar o seu uso. Apesar das oficinas de capacitação, com execução de telhões no próprio local, a equipe de obra demonstrou inabilidade para a reprodução da tecnologia. Os cuidados necessários como o nivelamento das formas e controle de espessuras e principalmente de cura não foram observados, fazendo com que houvesse um número expressivo de perdas, acarretando assim a desconfiança da família beneficiada com relação à segurança dos telhões. Dessa forma, optou-se por concluir a unidade habitacional com telhas cerâmicas coloniais, disponíveis comercialmente.

A construção do protótipo habitacional no município de Senador Rui Palmeira foi finalizada no segundo semestre de 2011, aguardando então, o período mínimo de um ano para iniciar os estudos de Avaliação Pós-Ocupação. No entanto, pode-se ressaltar o potencial da tecnologia empregada na região e principalmente à importância de pesquisas voltadas para solucionar problemas de moradias em meio rural, desde que observados e trabalhados os aspectos culturais tanto da população quanto da mão de obra local.

4. CONCLUSÃO

Este estudo vem corroborando para a ideia do desenvolvimento de tecnologias sociais como alternativas viáveis para os problemas de moradia em meio rural. Potencializando o uso de materiais locais, consequentemente, reduzindo custos. A capacitação da comunidade para a produção de novos sistemas e componentes construtivos abre também a possibilidade de produção destes elementos para comercialização, uma vez que, apropriada a tecnologia, o seu uso pode ser disseminado não somente para aqueles que buscam baratear o custo da habitação como também os demais membros das comunidades envolvidas. Propiciando assim, a possibilidade de geração de renda para a população local.

Destaca-se também a importância das pesquisas sobre habitação, principalmente no meio rural, onde vive parcela da população, até certo ponto, excluídas dos programas habitacionais, exigindo soluções adequadas a essa realidade. Para a sociedade o projeto busca uma melhor qualidade nas moradias rurais, através de material disponível no local, gerando assim diminuição nos custos da obra e baixo impacto ambiental.

Neste caso específico, detectaram-se como principais barreiras para a apropriação e disseminação das tecnologias apresentadas as questões culturais e de capacitação. As questões culturais no que diz respeito a demonstrar junto a comunidade a eficiência e segurança das outras técnicas, bem como com a capacitação de pessoas para o uso e aplicação adequados dessas tecnologias.

Dessa forma, espera-se contribuir para o desenvolvimento local, integrado e sustentável dos pontos de vista social, econômico e cultural da comunidade, bem como construir conhecimentos para o desenvolvimento de novas tecnologias adequadas a essa e outras regiões.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Caixa Econômica Federal. *Programa Nacional de Habitação Rural Recursos do OGU*.

Disponível em:

http://www1.caixa.gov.br/gov/gov_social/municipal/assistencia_tecnica/produtos/repasses/pn_hr_ogu/saiba_mais.asp >. Acesso em: 2 dezembro 2011.

Castor, Belmiro Valverde Jobim. (1983) *Tecnologia Apropriada: Uma Proposta de Critérios de Avaliação e sua Aplicação*. Revista de Administração, São Paulo, v.18, n.2 p. 40-47, abr./jun. 1983.

Dagnino, Renato; Brandão, Flávio C.; Novaes, Henrique T. (2004). *Sobre o marco analítico conceitual da Tecnologia Social*. In: LASSANCE JR.,A. et. al. *Tecnologia Social - uma estratégia para o desenvolvimento*. Rio de Janeiro: Fundação Banco do Brasil.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Primeiros dados do Censo 2010*. Disponível em: <http://www.censo2010.ibge.gov.br/primeiros_dados_divulgados/index.php?uf=27>. Acesso em 10 dezembro. 2011.

Fundação Banco do Brasil (2004). *Tecnologia social: uma estratégia para o desenvolvimento*. Rio de Janeiro: Fundação Banco do Brasil. 216p.

Fundação João Pinheiro (FJP). *Déficit habitacional no Brasil*. Belo Horizonte: Centro de Estudos Políticos e Sociais. 1995. 345p.

Fundação João Pinheiro (FJP) (2008). *Déficit habitacional no Brasil 2008*. Belo Horizonte: Centro de Estudos Políticos e Sociais. 140p.

Moraes, Odair Barbosa de (2002). *Desenvolvimento tecnológico e habitação de interesse social em Salvador*. Salvador: Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana – Escola Politécnica da UFBA. 160p. (Dissertação de mestrado)

Naredo, José Manuel (1998). Sobre el origen, el uso y el contenido del término sostenible. In: *Ciudades para un futuro mas sostenible*. Madrid, mar. 1998. Disponível em: <<http://habitat.aq.upm.es/cs/p2/a004.html>>. Acesso em 24 fev. 1999.

Salas, Julian (1998) Tecnología habitacional, su transferencia y nuevas formas de cooperación para el desarrollo. In: *Ciudades para un futuro mas sostenible*. Madrid. Disponível em: <<http://habitat.aq.upm.es/iah/ponenc/a009.html>>. Acesso em: 24 fev. 1999.

Schumacher, E. F. (1983). *O negócio é ser pequeno*. Um estudo de economia que leva em conta as pessoas. Tradução de Octávio Alves Melo. 4.ed.,Rio de Janeiro: Zahar Editores, 261p.

Villaça, Flavio (1986). *O que todo cidadão precisa saber sobre habitação*. Global Editora. São Paulo. 122 p.

NOTAS

- (1) O solo é considerado adequado quando apresentar retração total menor que 2 cm e poucas fissuras na superfície.
- (2) Todo o ensaio granulométrico foi auxiliado pelo técnico responsável do laboratório. Não foi possível obter o teor de argila e silte, devido à falta de equipamento no laboratório.

AUTORES

Odair Barbosa de Moraes, professor da Universidade Federal de Alagoas/*Campus* Arapiraca no curso de Arquitetura e Urbanismo e do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo/*Campus* Maceió, possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Alagoas (1997), mestrado em Engenharia Ambiental Urbana pela Universidade Federal da Bahia (2002) e doutorado em Engenharia Civil pela Universidade de São Paulo (2008).

Natiele Vanessa Vitorino, graduanda do curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Alagoas/ *Campus* Arapiraca, técnica em Construção Civil com Habilitação em Desenhos e Projetos pelo Centro Federal de Educação Tecnológica de Alagoas - CEFET (2007), com Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) intitulado "Tecnologias Sociais para habitação de interesse social: Alternativas para assentamentos rurais precários do município de Arapiraca/ AL".



A UTILIZAÇÃO DO FIBROBARRO EM UMA CONSTRUÇÃO EFÊMERA

Ripper, José Luiz Mendes¹; Lazaroni, Marcio Amorim²; Souza, Tiago de Paula³

(1) Professor Emérito, Coordenador do LILD - DAD, PUC-Rio* - lucasripper@yahoo.com.br

(2) Mestrando em Design do LILD – DAD, PUC-Rio* - laza@fazendafarao.com.br

(3) Mestrando em Design do LILD – DAD, PUC-Rio* – seutiago@gmail.com

* Departamento de Artes e Design, PUC-Rio - R. Marquês de São Vicente 225, Gávea, Rio de Janeiro-RJ
CEP 22453-900 Cx. Postal 38097 Fax: (5521)3527-1589 Tel: (5521)3527-1595 / 3527-1941

Palavras-chave: terra, bambu, fibras naturais, estruturas, técnicas convencionais

Resumo

Pelo fato da sua pesquisa ter um embasamento gestual e prático, a pesquisa do Laboratório de Investigação em Living Design da PUC-Rio (LILD) gera inúmeros desdobramentos quando o assunto é técnicas construtivas de estruturas arquitetônicas utilizando materiais disponíveis localmente (como fibras naturais e terra). Através da convivencialidade (Illich, 1976) e da experimentação entre pesquisadores e parceiros e materiais disponíveis, um dos nossos objetivos é sistematizar processos de design de formas estruturais. A oportunidade de construir um túnel expositor feito de terra e fibras naturais, junto com voluntários que nunca tinham feito algo semelhante, possibilitou aos autores refletir sobre esta experiência de ensinar técnicas construtivas em atividades práticas que estimulem a convivência e o aprendizado de tecnologias acessíveis utilizando materiais localmente disponíveis. Ter um experimento construído, e desconstruído, em escala real foi um grande estímulo para o desenvolvimento desta pesquisa, resultando em diferentes caminhos para o uso da terra e de fibras naturais em estruturas arquitetônicas. Não menos importante são as relações e os gestos observados ao longo do processo de ensino e aprendizado que aqui faremos algumas reflexões.

1. INTRODUÇÃO

O Laboratório investigativo em *Livre Desenho* – LiLD, em parceria com a empresa Bambutec, a Rede Nacional do Bambu, o Laboratório de Estruturas de Engenharia Civil – GMTENC / PUC-Rio e o Laboratório de Sistemas Estruturais – LASE / UFMG participaram da realização da “Mostra de Estruturas de Bambu: Materiais não-convencionais e tecnologias sustentáveis”, realizada entre os dias 6 e 15 de setembro de 2011 na PUC-Rio. O LiLD, além de expor sua pesquisa, desenvolveu um espaço expositivo próprio para os protótipos e miniaturas desenvolvidos ao longo dos anos. A forma projetada foi um túnel composto de três módulos, executado em cascas estrutural de fibrobarro, material compósito que está em desenvolvimento e observação na pesquisa do LiLD.

Neste artigo, estão descritos dois focos distintos de observação. Primeiro estão descritos os processos técnicos, os métodos utilizados para obtenção das formas, a preparação dos materiais para a construção e a desconstrução desse objeto. O segundo foco de observação está concentrado nas interações desse objeto com as pessoas e com o meio físico. Nossa proposta é apresentar um processo de design de formas de cobertura que foi sistematizado através da compreensão de formas que ocorrem espontaneamente na natureza, tais como bolhas de sabão e curvas catenárias. O túnel médio, com 1,5 m largura por 2,00 m de comprimento e altura variando entre 1,70 m e 2,10m, foi feito em cerca de 20 dias sem uma equipe fixa atuando.

1.1 O Laboratório de Investigação em Livre Desenho

Há cerca de 30 anos, professores do curso de Desenho Industrial da PUC-Rio têm desenvolvido projetos em parceria com o meio social e ambiental. Inicialmente realizados nas disciplinas de projeto, com o tempo, este trabalho foi desenvolvido em atividades extracurriculares. Em 1985, definiu-se a formação da linha de pesquisa “Objeto, Meio Ambiente e Sociedade” gerando a criação do Laboratório Oficina de Treinamento e Desenvolvimento de Protótipos (LOTDP) que, vinte anos depois, passou a se chamar Laboratório de Investigação em Living Design, o LiLD. Em 2012 o LiLD manteve a sigla mas passou a se chamar Laboratório de Investigação em Livre Desenho.

O LiLD foi projetado para o trabalho em grupo diminuindo ao máximo fatores de distanciamento entre professores e alunos. O local apresenta espaço interno aberto para o exterior, adaptando a construção ao clima tropical do Rio de Janeiro (figuras 1 e 2).



Figuras 1 e 2. Espaços externo e interno do LiLD, PUC-Rio (Acervo do LiLD, 2011)

Alguns dos fundamentos dos objetos ali gerados é a inspiração das formas espontâneas da natureza a partir de tecnologias acessíveis e técnicas como a construção coletiva, desenvolvendo objetos de materiais naturais ou com impacto ambiental minimizado. Outro ponto importante é a possibilidade de transferência tecnológica e desenvolvimento de produtos acessíveis e apropriados ao contexto de uso. Entre as ramificações da pesquisa podem-se destacar: o estudo utilizando terra, bambu, fibras naturais e materiais locais como matéria prima; desenvolvimento de objetos, voltados para portadores de necessidades especiais; e uso de ferramental *low tech* ativadas pela energia humana.

2. OBTENÇÃO DA GEOMETRIA DO TÚNEL

A forma do túnel é uma superfície mínima de evolução a partir de um perfil pré-determinado. O perfil utilizado foi a curva catenária (figura 3), que é um tipo especial de curva onde a resultante das cargas sempre está alinhada com o próprio desenho da curva, promovendo assim melhor equilíbrio estrutural e harmônico esteticamente. Essa curva possui uma característica única para utilização como elemento estrutural sem a necessidade, a princípio, de reforços ou treliças. Tendo esse perfil como parâmetro, a superfície mínima foi gerada a partir de planos catenóides (Otto, 1971).



Figura 3 – Exemplo de miniatura feita com curvas catenárias

(fonte: <http://thales.cica.es/sevilla/sites/thales.cica.es.sevilla/files/foto-e-imag/2008/libre/catenaria.jpg>)

De acordo com a metodologia adotada pelo laboratório (Ripper; Moreira, 2003), antes da construção, foram produzidos modelos computacionais e mecânicos em escala reduzida onde se aprende os métodos possíveis para a construção coletiva em escala real com os recursos disponíveis. Na maioria são técnicas de baixo impacto ambiental e ferramentas que utilizam a energia humana para serem ativadas. Aqui vale salientar uma fala muito interessante do mestre José Luis Mendes Ripper: “essa é uma construção silenciosa. Silenciosa e harmoniosa.”

O processo de design do túnel começou pela geração da curva catenária, em escala real e em escala reduzida 1/10 e para tal se utilizou uma corrente pendurada pelas extremidades distando 1,50 m entre elas. A corrente foi liberada, aos poucos, até atingir a altura desejada de 2,10m. Essa etapa serviu para avaliar a circulação dentro do espaço expositivo, considerando também a visita de cadeirantes ou portadores de necessidades especiais. Após isso, para o modelo em escala reduzida (figuras 4 e 5), o mesmo processo foi repetido, sendo que a curva foi desenhada sobre uma placa de MDF, que foi recortado. O perfil foi repetido em outra placa, assim, tendo dois perfis pôde-se gerar o plano catenóide que unia esses perfis.



Figura 4 – Primeira miniatura (Acervo do LILD, 2011)



Figura 5 – Primeira miniatura coberta de gesso e sisal (Acervo do LILD, 2011)

Os dois perfis foram fixados sobre uma placa de compensado distando 20 cm entre eles. Cada curva foi dividida em vinte e sete partes iguais e, nesses pontos, foram fixados pregos onde, posteriormente foram anexados fios de material sintético que formaram o plano catenóide. Após isso, o plano foi recoberto com um composto de gesso e fibra de sisal para simular o comportamento do fibrobarro. Esse material foi utilizado por secar mais rápido que o barro e por possuir características similares às do fibrobarro. Até esse ponto, a intenção era de retirar a trama de cabos fixada nos perfis e deixar somente a casca de fibrobarro como um elemento estrutural auto-portante. Porém, após retirar o gesso com o sisal junto de uma trama de cabos dos perfis, constatou-se que seria mais interessante manter a trama de cabos incorporada à casca (figura 6).

Com isso, uma segunda miniatura foi produzida utilizando fios de fibra natural (figura 7), estruturalmente idêntica à construção em escala real. Contava com a presença de estruncoadores, que mantinham a distância entre os perfis. Esse modelo serviu de guia e objeto didático durante a construção do túnel. Paralelamente às miniaturas, foi feita uma projeção no computador (figura 8) de como o objeto ficaria em escala real. Ambas os exemplos serviram como referencial para os construtores na hora da execução do objeto.



Figura 6 – Casca estrutural de gesso e sisal em escala reduzida (Acervo do LILD, 2011)



Figura 7 – Segunda miniatura com comportamento estrutural idêntico ao da construção real (Acervo do LILD, 2011)

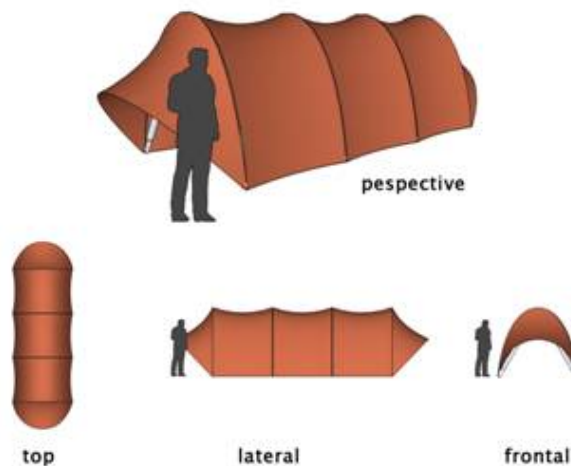


Figura 8 – Modelo computacional (acervo do LILD, 2011)

3. PROCESSOS CONSTRUTIVOS E DESCONSTRUTIVOS

A partir das miniaturas feitas dentro do laboratório, foi possível perceber os materiais e os gestos necessários para a construção do expositor. A prática e o período limitado de tempo, antes da data da estreia da mostra, ensinaram muito. Nesta parte do artigo procura-se mostrar alguns destes processos e observações.

3.1. Preparação dos materiais da construção

A partir da pesquisa realizada anteriormente por Leme (2003 e 2008), iniciou-se a construção com a preparação da terra, que consistiu em três etapas distintas. A primeira foi a peneiração para separar partes indesejadas tais como galhos, folhas e pedras; a segunda etapa foi o umedecimento e a homogeneização para obtenção do barro – estado plástico da terra; e a terceira etapa foi o descanso depois de umedecer homogeneamente o barro.

A fibra natural utilizada foi a de sisal, obtida no comércio local. O processamento de mistura consistiu em utilizar uma haste, livre de farpas ou de algo que agarrasse as fibras, que, com movimentos repetidos promovia o embaraçamento das fibras ao barro (figura 9). A intenção era separar e posicionar as fibras para que estas não ficassem alinhadas em uma só direção. Dessa maneira a resistência mecânica do composto não ficaria em apenas um só sentido.



Figura 9 – processamento de sisal (acervo do LILD, 2011)

3.2. Construção do túnel

A etapa seguinte foi a montagem de um módulo para teste do comportamento das soluções apontadas pela miniatura (figura 10). A trama seria feita apenas com duas direções de trançado (figura 11), porém um terceiro sentido de trama foi feito para reforçá-la, pois nos primeiros testes observou-se que a espessura dos cabos era pequena em relação ao vão que estes cobririam. A possibilidade de formar “bolsas” era grande.



Figura 10 – Primeiro módulo da estrutura metálica de apoio (Acervo do LILD, 2011)



Figura 11 – Trama de sisal (Acervo do LILD, 2011)

Mesmo com esse reforço, percebeu-se que, para garantir a configuração da casca estrutural durante a secagem da manta de fibrobarro, seria necessário utilizar outra estrutura auxiliar (Figura 12). Para impedir que a trama de cabos cedesse, foram utilizadas hastes de bambu onde se prendiam os cabos amarrando a trama de cabos e impedindo que esta fletisse demais. Após esses testes no primeiro módulo de estrutura metálica, o segundo módulo estrutural foi montado deixando um vão livre de dois metros entre eles que, sem a necessidade de uma terceira estrutura metálica, recebeu a trama de cabos e a cobertura de fibrobarro diretamente. Em outras palavras, dos três módulos de cascas estruturais de fibrobarro construídos, somente os dois das extremidades receberam estruturas metálicas auxiliares para sua montagem. O módulo central recebeu somente a trama de cabos e a cobertura de fibrobarro.



Figura 12 – Hastes de bambu utilizadas como estrutura auxiliar da trama de montagem (Acervo do LILD, 2011)

As lâminas de fibrobarro são feitas sobrepondo consecutivamente camadas de barro em estado bem plástico e finas camadas de fibra de sisal desfiadas para cada camada de barro pelo menos três camadas de sisal. O compósito então é aplicado em forma de tiras sobre a estrutura. Após completar as cascas estruturais de cobertura duas outras cascas anexas foram feitas para as extremidades do túnel.

3.3. Desconstrução do túnel

Tão interessante quanto a construção foi o processo de desconstrução do túnel. Ao final da Mostra, iniciou-se o processo de desmontagem. Como a intenção era também a de reaproveitar ao máximo os materiais utilizados, essa etapa do processo foi feita de maneira lenta e cuidadosa.

A técnica desenvolvida foi a de umedecer a casca aos poucos, utilizando um spray de água, para que o barro absorvesse a água de forma gradual e homogênea, evitando que ele diluísse deixando para trás somente as fibras de sisal (Figura 13). Em alguns pontos o barro retornou ao estado plástico com mais facilidade que outros. Percebeu-se que, quando ocorreu a sobreposição de pelo menos três camadas de fibrobarro de espessura mínima de pelo menos 1,5 cm cada uma, a resistência à água aumenta consideravelmente. Percebeu-se que, as tiras colocadas de maneira mais simples, com menor complexidade, eram as que se desprendiam com mais facilidade.



Figura 13 – Spray de água feita com pulverizador para hidratar homogeneamente (Acervo do LILD, 2011)

Após retornar ao estado plástico, as camadas de fibrobarro eram retiradas e enfileiradas sobre uma lona plástica e então, utilizando as mesmas hastes que auxiliaram na secagem, enrolaram-se como bobinas ou carretéis (figura 14). Esse material está no momento estocado no LiLD para ser reutilizado e reavaliado. O material que não pode ser enrolado para estocagem foi devolvido aos canteiros e jardins que circundam o local onde foi feita a construção, com o mínimo impacto sobre esses locais (figuras 15 e 16).



Figura 14 – Trama sem fibrobarro durante a desmontagem (Acervo do LILD, 2011)



Figura 15 – Lâminas de fibrobarro alinhadas sobre lona plástica (Acervo do LILD, 2011)



Figura 16 – Carretéis de fibrobarro para estocagem e futura reutilização (Acervo LILD, 2011)

3.4 A relação da forma material com o meio físico

Santos (2002) relata que o espaço é construído como fruto das interações entre o meio social e ambiental e, justamente por esta interação, é que surge a possibilidade da pesquisa tornar-se realmente pertinente e aplicável. Um exemplo das possibilidades de desenvolvimento da pesquisa surgiu pela chegada de uma frente fria durante o período da Mostra.

Apesar da maior parte do túnel estar em um local protegido por uma lona de vinil, uma de suas entradas ficou abaixo de uma goteira oriunda de uma árvore e foi duramente danificada pela chuva. Neste local, barro retornou a seu estado plástico, perdendo sua resistência mecânica, sendo diluído e deixando as fibras expostas (figuras 17 e 18). Inicialmente a parte afetada pela chuva foi coberta por um plástico enquanto não foi desenvolvida uma nova cobertura que pudesse resistir a ação das intempéries.



Figura 17 – Barro em estado plástico devido à ação da chuva incidindo diretamente (Acervo LILD, 2011)



Figura 18 – Dano causado devido à ação da chuva. Fibras expostas sem a presença do barro: sinal de enfraquecimento (Acervo LILD, 2011)

Assim que possível, foram aplicadas finas camadas de cal hidratada misturada com barro, pois até onde sabemos, essa técnica era a utilizada em construções tradicionais de barro cru e garantiam resistência à água a essas construções. Após a secagem, outra chuva ocorreu e pode-se observar

que a pasta cal hidratada aumentou a resistência à água da superfície, porém não impediu totalmente sua ação de desintegração da construção (Snell; Callahan, 2009).

4. REFLEXÕES E CONCLUSÕES SOBRE AS INTERAÇÕES HUMANAS

O processo de trabalho coletivo realizado pelo LiLD, onde as autorias são diluídas pelo processo prático de obtenção das formas que já existem na natureza, geram um enorme enriquecimento da pesquisa. A interação entre professor-alunos e o histórico individual de cada pesquisador interferem no processo investigativo ajudando a enriquecer os resultados (Fathy, 1982).

A primeira interação relevante de descrição entre equipes ocorreu durante o processo de obtenção da geometria do túnel. A equipe que fez o modelo (que chamaremos de A apenas para efeito ilustrativo) ao desmoldar o gesso da forma inicial percebeu que seria mais interessante manter a trama de cabos incorporada à casca de fibrobarro. Esta conclusão não foi comunicada já que o experimento terminou muito tarde. No dia seguinte pela manhã, sem que os pesquisadores do grupo B soubessem da conclusão obtida pelo primeiro grupo, chegaram à mesma conclusão, após refletirem sobre o objeto terminado.

A etapa de construção foi um período muito intenso devido ao curto prazo para conclusão do projeto para exibição na Mostra. Com equipes revezando em turnos durante o dia, e por mais que o fibrobarro seja um material leve e tenha sido utilizado com espessura mínima para garantir rigidez estrutural, ainda assim é barro e tem um peso relativamente alto. Ao final de duas semanas intensas de trabalho na montagem e outras duas bem menos intensas, por se tratarem das semanas de exposição, o primeiro grupo praticamente pediu dispensa da desmontagem por cansaço.

Um dado interessante no período da construção foi a organização das equipes de trabalho. Uma planilha aberta contendo apenas os nomes dos pesquisadores colaboradores do laboratório e os dias das duas semanas que durariam a construção foi disponibilizada como documento *online* para todos os participantes. Ela foi preenchida pelos próprios participantes que, a cada atualização, podiam disponibilizar para os outros participantes por período do dia, as funções que desempenhariam. Uma vez formada a equipe, seus participantes já contavam uns com os outros e organizavam a tarefa a ser desempenhada; tal como, por exemplo, processar a fibra de sisal.

É evidente que muitas dessas tarefas se davam no decorrer da construção, e nem todas as equipes estavam completamente cientes do que estavam desenvolvendo. Era a primeira vez que uma construção deste porte era feita com a técnica de fibrobarro aplicado a uma rede de cabos tensionados. Por isso os princípios de “observação e interação” e “soluções pequenas e lentas” se fez valer tanto neste experimento (Ripper; Moreira, 2003).

No período da desmontagem surgiu um segundo grupo de colaboradores. Estudantes universitários provenientes de várias instituições de ensino do Rio de Janeiro, na maioria estudantes da PUC-Rio. Esse grupo havia acabado de regressar de um curso prático de design de permacultura (Holmgren 2007) e demonstraram grande interesse em colaborar com a desconstrução do túnel. Aqui foi outro marco na interação entre a técnica e as ações exercidas sobre esses objetos técnicos. Assim como foi amigável, de fácil manuseio e apreensão para o grupo de pessoas que construíram o túnel, o mesmo se observou com o grupo de pessoas que participaram da desconstrução. Sob a orientação do professor Ripper, rapidamente essas pessoas perceberam as características do fibrobarro e algumas possibilidades de uso para a técnica, tal como isolamento acústico, baixo custo de obtenção, facilidade de aplicação e replicação, entre outros.

Outra característica que foi observada é a possibilidade de reutilização, quase que integral, do material retirado na desconstrução das cascas estruturais.

Os processos construtivo e desconstrutivo também possibilitaram a reflexão sobre a importância do movimento de mutirão como forma de construção do espaço e do pensamento. Cada etapa precisou ser reconhecida, adaptada e repassada para um grupo que não necessariamente se repetia ou estava presente a todo momento. Comunicação verbal e não verbal foram importantes para a passagem dos novos aprendizados.

A exposição foi montada no interior do túnel com miniaturas e protótipos desenvolvidas pelo LiLD. Essas miniaturas pendiam da casca presas por fios de algodão (figuras 19 e 20). Aparentemente não existia uma ordem na exposição, os objetos não foram colocados em ordem cronológica ou categorizados e agrupados por categorias, mas era perceptível a unidade que permeava toda a exposição. Todos os objetos, de maneira direta ou indireta, estavam relacionados uns com os outros, como pertencentes à mesma família e essa unidade foi percebida por alguns visitantes que, ao saírem da exposição, davam depoimentos de terem gostado. Algumas pessoas tinham medo também por não confiarem na segurança daquela construção, ou por medo de locais fechados ou de sair do padrão convencional de construções de alvenaria ou madeira.



Figuras 19 e 20 – Entrada e interior do túnel expositivo (Acervo LiLD, 2011)

Recebemos também a visita de grupos de escolas da rede pública de ensino e o público jovem se mostrou muito interessado na configuração daquele espaço. Aparentemente provocou alguma sensação lúdica neles, o que acabou por instigar-lhes o desejo de adentrar naquele “casulo”, nome que ficou conhecido pela equipe de montagem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FATHY, Hassan (1982). Construindo com o povo. 2 ed. Rio de Janeiro.

HOLMGREN, David (2007). Os fundamentos da permacultura. Disponível em: <http://holmgren.com.au/>

ILLICH, Ivan (1976). A convivencialidade. Lisboa: Europa-América.

LEME, Fernando Betim Paes (2008). O fibrosolo como pele para construção: da tradição construtiva do homem do campo, aos espaços habitados pelo homem da cidade. Um conceito de aeração das moradias a partir da aplicação construtiva de cascas, placas e folhas de fibrosolo. 2008. Tese (Doutorado), Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de artes & design. Disponível em : <http://www2.dbd.puc-rio.br/pergamum/biblioteca/php/mostrateses.php?open=1&arqtese=0510350_08_Indice.html>.

LEME, Fernando Betim Paes (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), Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de artes & design. Disponível em : <http://www2.dbd.puc-rio.br/pergamum/biblioteca/php/mostrateses.php?arqtese=0115464_03_Indice.html>.

OTTO, F., (1971). IL5 Wandelbare dächer – Mitteilungen des Instituts für Leichte Flachentragwerke. Universität Stuttgart.

RIPPER, J.L.M.; MOREIRA, L.E. (2003). Métodos de ensino de design de produto e sua aplicação às estruturas de engenharia civil. Anais. COBENGE (Congresso Brasileiro de Ensino de engenharia) 2003. 1 CD-ROM

SANTOS, Milton (2002). A natureza do espaço. 1 ed. São Paulo. 384p.


SNELL, Clarke; CALLAHAN, Tim (2006). Building Green: a complete how-to guide to alternative building methods. 2 ed.

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 Living Design – 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.

Marcio Amorim Lazaroni. Mestrando em Design PUC-Rio, Graduação em Design (PUC-Rio, 2006). Licenciatura em educação artística (Bennett, 2010). Pesquisador do Laboratório de Investigação em Living Design – LILD, vinculado ao Programa de Pós-graduação em Design do Departamento de Artes e Design da PUC-Rio.

Tiago de Paula Souza. Mestrando em Design PUC-Rio, Graduação em Desenho Industrial (EBA/UFRJ, 2010), Técnico em edificações (CEFET-RJ). Pesquisador do Laboratório de Investigação em Living Design – LILD, vinculado ao Programa de Pós-graduação em Design do Departamento de Artes e Design da PUC-Rio.



Relatos de trabalhos técnicos, baseados em conhecimentos empíricos e sem o rigor do método científico.

Comunicações Técnicas



O MONOPÓLIO DA FALTA DE INFORMAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Costa, Fernando Luis de Oliveira

Arquiteto Urbanista – UNICID/INBEC/Green Building Council – arquitetura2050@gmail.com

Palavras-chave: São Paulo, social, preconceito, desinformação, solo-cimento.

Resumo

O conceito de **arquitetura ecológica e sustentável** ainda é, fora dos grandes centros urbanos paulistas, algo bastante equivocado e que sofre com o preconceito dos compradores de imóveis e com o assédio moral por parte de empreiteiros já estabelecidos. Pretende-se mostrar com este trabalho que os pequenos empreiteiros, que já atuam há muitos anos no mercado da construção de pequenas e médias residências, comportam-se como "**coronéis**", detendo o monopólio das empreitadas e marginalizando outros profissionais que utilizem técnicas menos ligadas à industrialização, porém mais sustentáveis, como a construção com uso de tijolos de solo-cimento, fabricado pelo próprio construtor, com a utilização de uma prensa, seja manual ou hidráulica. Através do estudo do contexto histórico e social da região conhecida como Nordeste Paulista; da observação "in loco" de obras de construção nessa região e através de entrevistas com os construtores, proprietários, lojistas e moradores, buscamos entender as relações e os enfrentamentos que caracterizam esse "**coronelismo**" na construção civil.

1. INTRODUÇÃO

O objetivo deste trabalho é chamar a atenção dos leitores para uma realidade recorrente na construção civil, no Estado de São Paulo.

São Paulo é o estado mais desenvolvido do Brasil, muitas vezes considerado o mais importante sob diversos aspectos. É a partir deste estado que se originam novas tecnologias, novos produtos e diversas soluções técnicas, não só para a área da construção civil, mas para diversas outras áreas do conhecimento.

O povo paulista é, muitas vezes, considerado aquele que tem acesso à informação e aos processos de educação, com facilidades que outros estados brasileiros não dispõem.

No entanto, existem barreiras culturais e históricas que não facilitam o seu desenvolvimento. No que diz respeito à construção civil, essas barreiras acabaram por criar uma cultura que valorizou a industrialização, a mecanização, a rapidez e o lucro, mas que, por outro lado, acabou se esquivando das questões ambientais, culturais e sociais.

Hoje em dia, com a retomada dos debates em torno do tema "sustentabilidade", mais uma vez, o Estado de São Paulo tem demonstrado dinamismo e liderança, fomentando o aparecimento de soluções sustentáveis e valorizando os produtos e as técnicas tidas como "verdes".

No entanto, a concentração de todo este fomento, técnicas, produtos, conhecimentos e informação, ocorre de forma centralizada na capital do estado e nas regiões circunvizinhas, que formam a Grande São Paulo.

Afastando-se deste gigantesco centro urbano, o acesso à informação já não se dá da mesma maneira. Nas regiões interioranas, longe da capital, ocorre o predomínio das heranças culturais e dos conceitos e preconceitos que sobrevivem há anos, no meio da sociedade e que são fortalecidos pela falta de informação.

No que diz respeito à sustentabilidade dentro da construção civil, este fato torna-se um fator limitante quando associado à cultura patriarcal, protecionista e conservadora que ainda sobrevive em algumas regiões do estado, como resíduo das estruturas familiares, sociais e econômicas da época conhecida como Ciclo do Café, na qual o Estado de São Paulo teve fundamental importância e destaque.

Neste trabalho, faremos uma observação do contexto social e histórico da região nordeste do estado, dando ênfase às técnicas construtivas com terra crua, de modo que perceberemos a origem dos preconceitos existentes em relação a este tipo de construção.

Também falaremos sobre uma experiência pessoal, ocorrida na mesma região, a qual motivou a pesquisa por trás deste artigo.

Em busca de pessoas que pudessem ter vivido experiências semelhantes, ou que pudessem confirmar a hipótese levantada acima, encontramos outros construtores e/ou moradores de habitações executadas com o tijolo de solo-cimento (que é a versão contemporânea dos blocos de terra crua) e cujas histórias nos deram base para estruturar este trabalho. A transcrição de uma das entrevistas realizadas com essas pessoas será, também, relatada aqui.

Por fim, analisaremos as informações para considerarmos sugestões sobre a questão apresentada.

2. BREVE VISÃO HISTÓRICA

No Brasil, as construções em terra crua existem e são encontradas de norte a sul do país, através das diferentes técnicas construtivas, como a taipa de pilão¹, o pau-a-pique², o adobe³ e os tijolos de solo-cimento⁴.

Alguns exemplares da construção com taipa são originários do período colonial brasileiro, uma vez que esta técnica foi trazida pelos colonizadores portugueses e aqui se combinou com outras técnicas construtivas já utilizadas pelos índios.

O pau-a-pique, ou taipa de mão, é fruto dessa combinação de soluções construtivas. Após um período de impacto entre os costumes europeus e a cultura do índio brasileiro, o processo de mestiçagem começou a se tornar visível em diversos setores da vida da população da época, sendo reconhecido a partir de meados do século XVI (Saia, 1978).

Segundo Luís Saia, essa mistura da cultura europeia com a indígena se deu, sobretudo, na região onde se situa, hoje, o Estado de São Paulo e representou um contraste com o que acontecia nas outras regiões da colônia, como o Nordeste, por exemplo, onde o escravo indígena foi logo substituído pelo africano.

Pelo interior do Estado de São Paulo, muitas construções feitas com o pau-a-pique resistem até os dias de hoje, tendo sobrevivido ao ciclo econômico do café, o qual deu grande impulso à vida das pequenas e médias cidades deste estado.

No século XIX, o plantio do café foi adentrando paulatinamente o interior paulista, saindo da cidade de São Paulo em direção à Jundiaí e Campinas, seguindo em direção ao nordeste do estado, onde, por volta do ano de 1870, surgiram as maiores e mais produtivas fazendas de café do mundo, numa região muito fértil devido à presença de terras roxas, próximo à cidade de Ribeirão Preto (figura 1).

É nessa época que ocorre a chegada de diversos grupos de imigrantes europeus, chamados para trabalhar nos cafezais devido à necessidade de mão de obra e também pelo aquecimento da economia e o fim da escravatura.

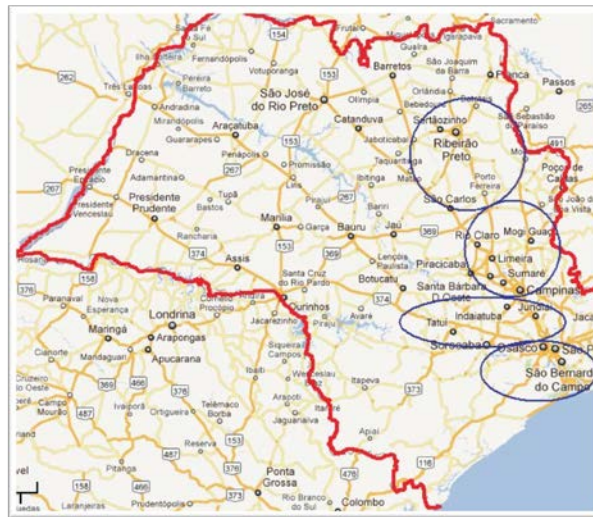


Figura 1. O Estado de São Paulo, com destaques para as regiões de Ribeirão Preto, Campinas, Jundiaí e São Paulo.

Com a presença desses imigrantes, que trouxeram novas influências de suas culturas para as diversas áreas da vida e da sociedade paulista, as construções em terra crua no Estado de São Paulo passaram a contar com mais uma diferenciação: o uso dos tijolos de adobe, que eram mais utilizados na Europa e em outras regiões brasileiras como o Nordeste, Goiás e Minas Gerais.

Ao longo de todos esses períodos, as construções paulistas em terra crua foram frequentemente associadas a situações marginalizadas, como no caso do pau-a-pique, que estava ligado à ideia da mestiçagem. Também eram sinônimos de pobreza ou de estrutura rudimentar, já que eram utilizadas com mais frequência pelas classes menos abastadas da população, as quais deixavam suas habitações sem revestimentos e o material de sua confecção ficava à mostra. As paredes acabavam apresentando muitas trincas e rachaduras, o que propiciava o aparecimento de insetos, como o barbeiro, que é o responsável pela proliferação do mal de Chagas.

Com a Industrialização Brasileira, especialmente no período entre 1850 e 1930, os tijolos queimados em fornos passaram a ser largamente produzidos e utilizados em todo o país, conferindo aspectos bem mais higiênicos às construções. Também elevaram o status das técnicas construtivas, de vernáculas para modernas.

No entanto, as habitações feitas de terra – seja por meio da taipa, do pau-a-pique ou do adobe – ainda persistiam no meio das classes menos favorecidas, distanciando-se cada vez mais daquelas construídas para abrigar a aristocracia imigrantista, capitalista e latifundiária, que utilizava o tijolo cerâmico, ou cozido. Essa estrutura agropecuária arcaica e patriarcal, muito presente longe dos centros urbanos da época, convivia com uma complexa estrutura de poder, conhecida como “coronelismo”, a qual centralizava o poder público na figura de apenas alguns cidadãos: os coronéis.

O coronelismo e suas variantes, como o mandonismo e o apadrinhamento, de modo geral, faziam parte das estratégias políticas e eleitorais, encontradas ao longo de todo o território brasileiro, sobretudo nos interiores dos estados. Todavia, essa ação de forças também podia ser encontrada em outras instâncias, desde o âmbito familiar patriarcal até as relações entre fazendeiros e empregados, ou mesmo entre comerciantes mais ricos e outros mais pobres.

Ao final do século XX estimava-se que cerca de um terço da população mundial habitava em construções feitas em terra crua (Dethier, 1982) e, já no início deste século, as

revisões deste número têm apontado para valores acima de 50% da população mundial, apesar de toda a industrialização e até informatização na área de construção civil.

Além das habitações, esse patrimônio arquitetônico mundial também conta com diversos monumentos: 10% da Lista do Patrimônio Cultural da Humanidade são constituídos por monumentos de arquitetura de terra, segundo o site Wikipédia.

Mesmo assim, “as construções em terra crua sofrem forte rejeição por parte da população brasileira em geral, sendo que parte desta é baseada em conceitos e parte em preconceitos, ou seja, uma parte dessa rejeição é baseada em conceitos fundamentados; e outra parte é baseada em ideias infundadas, fruto do desconhecimento das pessoas a respeito destas técnicas construtivas” (Silva, 2000, p.72).

3. EXPERIÊNCIA PESSOAL

Minha experiência em construções com terra crua ocorreu com a utilização do tijolo de solo-cimento⁴, que é uma técnica contemporânea também com origem na taipa¹, porém, com uma forma aperfeiçoada e adaptada às necessidades da vida moderna. Na verdade, o tijolo de solo-cimento assemelha-se mais ao bloco de adobe³, sendo que as dimensões são menores e também o processo de manufatura dos blocos é diferente: os tijolos de solo-cimento são colocados em uma prensa (figura 2) e tomam o formato de tijolo mediante pressão, que pode ser feita através de um sistema manual ou hidráulico, enquanto que, para os blocos de adobe, utiliza-se uma fôrma de madeira (figura 3); mas os conceitos são os mesmos de toda a construção com terra crua.



Figura 2. Tijolo de solo-cimento sendo desenformado, após prensagem manual (do autor, 2010)

Para não ficar preso às exigências de mercados imobiliários e, também, para poder exercer uma arquitetura mais livre, voltada para questões ambientais e sociais, saí da cidade de São Paulo rumo ao interior do estado e adquiri, no ano de 2010, uma propriedade na cidade de Casa Branca, distante cerca de 230 km da capital.



Figura 3. Blocos de adobe sendo desenformados (Picorelli, 2011).

Casa Branca situa-se na mesorregião⁵ de Campinas e na microrregião⁶ de São João da Boa Vista, uma área que já teve sua economia baseada nas lavouras de café e que, hoje em dia, possui indústrias e agricultura diversificadas.

A intenção era desenvolver uma série de projetos de arquitetura utilizando os tijolos de solo-cimento, em uma área nova da cidade – um loteamento recém-aberto, que poderia dar origem a um bairro diferenciado, pela presença das habitações feitas com essa técnica.

Para minha surpresa, tão logo iniciamos a construção, começamos a receber visitas de transeuntes e vizinhos. Muitos queriam saber do que se tratava: que tipo de obra seria aquela e que tipo de tijolo era aquele que usávamos.

No entanto, antes mesmo que a construção da primeira casa atingisse um metro de altura, em um dia pela manhã, logo no início dos trabalhos, fomos surpreendidos com uma total destruição. Alguém havia entrado na obra e empurrado os tijolos, fazendo com que as paredes ruíssem. Também quebraram diversos deles com algum tipo de ferramenta.

Tomamos a iniciativa de recomeçar tudo outra vez. Porém, algumas semanas depois, novamente a mesma situação.

Começamos a desconfiar de algumas pessoas, também trabalhadores de construção civil, que diariamente passavam pela nossa obra e nos faziam diversas perguntas. Eles tinham a curiosidade de ver como o tijolo era assentado e como a casa podia ter estabilidade sem estruturas em concreto armado, do jeito que eles estavam acostumados a fazer.

Um deles, inclusive, chegou a nos tratar de forma bastante agressiva em uma conversa que tivemos nos indagando o motivo pelo qual nós, profissionais da cidade de São Paulo, estávamos tão longe de casa e fazendo aquele tipo de construção que eles não conheciam.

Foi, então, que eu comecei a perceber que, de fato, eu estava trabalhando com algo muito diferente, por mais que eu achasse que na minha cidade o tijolo de solo-cimento já fosse algo bem conhecido. Não era apenas diferente, mas era, também, sinônimo de mudanças, algo que poderia tirar aquelas pessoas de suas zonas de conforto ou que viesse a invadir o território já dominado por eles. Era, portanto, algo que merecia a sua rejeição.



Figura 4. Início das obras: primeiras fiadas assentadas com tijolos de solo-cimento, em Casa Branca, SP. (do autor, 2010)



Figura 5. Obras já adiantadas: paredes rebocadas – melhor aceitação por parte dos moradores vizinhos. (do autor, 2011)

4. NA PERIFERIA DE SÃO PAULO

Na região metropolitana de São Paulo, afastando-se das áreas mais centrais, nos bairros periféricos, é possível encontrar pessoas que edificaram suas casas utilizando-se dos tijolos de solo-cimento e cujas experiências têm algo de semelhante àquela vivida por mim, no interior do estado: também foi notória a surpresa dos moradores vizinhos diante da construção de uma edificação com esse material.

No entanto, uma diferença chama bastante a minha atenção: as pessoas demonstram desconfiança, mas não se mostram preconceituosas em relação ao material ou ao proprietário da habitação. Também não há qualquer tipo de enfrentamento ou inimizade por parte dos demais construtores da região, mesmo considerando-se que todo o bairro estava – e ainda está – em total desenvolvimento, com diversas construções aparecendo a cada dia.

O senhor Reinaldo Brito, 39 anos, representante comercial autônomo, morador do bairro de Parada de Taipas, na região noroeste de São Paulo, relatou em entrevista que fizemos que adquiriu informação adequada sobre o tijolo de solo-cimento, não apenas pela questão econômica, mas também pela percepção que possuía dos benefícios

ambientais das construções com terra crua e, obviamente, conseguia perceber que seus vizinhos não compartilhavam das mesmas ideias ou conhecimentos.

Segundo ele, a falta de conhecimento e a dificuldade de acesso às informações representam um grande empecilho para que a mudança de pensamento possa ocorrer.

Conversamos com ele sobre a construção de sua residência (figura 6) e relatamos essa conversa a seguir.

4.1 Entrevista

➤ **Foi o senhor mesmo que fez os tijolos? O senhor possui a prensa?**

Reinaldo: Não. Os tijolos foram feitos pela máquina da construtora, a prensa manual. Nós contratamos a construtora, eles entraram com tijolos, material, mão de obra e tudo... eu só paguei. Demorou 18 dias para fazer minha casa!

➤ **Isso já faz quanto tempo?**

Reinaldo: A casa já tem, agora, uns 7 (sete) anos.

➤ **E o seu bairro já era habitado da maneira como ele é hoje? Já havia vizinhos?**

Reinaldo: Já havia bastante gente, sim. As casas aqui de frente prá minha casa, todas já existiam!

➤ **E como foi a reação dos vizinhos?**

Reinaldo: As pessoas faziam até apostas: eles apostavam que a casa iria cair. Quando começamos a construir, vinham pessoas de outros bairros para ver a construção se desenvolvendo. Nos finais de semana que os pedreiros não vinham, eu chegava aqui e tinha famílias entrando e olhando a casa, o tipo de tijolo, etc. Eles tinham certa curiosidade, porque ninguém tinha visto isso antes.

➤ **Na sua rua era só você que tinha uma casa com esse tijolo, não era?**

Reinaldo: Na rua, não! No bairro! Entre os três, quatro bairros aqui vizinhos a minha era a única. Eu fui pioneiro.

➤ **Você já contratou tudo direto com a construtora?**

Reinaldo: Eu fui lá na “construtora”, fiz o treinamento, conheci como era o sistema e já peguei os contatos de alguns construtores. O que me cobrou mais barato foi o que eu empreitei para fazer minha obra.

➤ **Na tua rua o pessoal constrói bastante, não é? Eu tenho visto que ainda está se construindo bastante...**

Reinaldo: Sim, aqui está a todo vapor!

➤ **E a maioria constrói com o método tradicional?**

Reinaldo: Não, a maioria, não! Todos aqui utilizam o método convencional! Ninguém se interessa por fazer diferente... As pessoas precisavam ter um pouco mais de conhecimento e acessibilidade ao sistema. Eu creio que, se tivesse alguma outra opção... que as pessoas procurassem os treinamentos, ou palestras... com certeza, a mentalidade deles mudaria.

➤ **Considerando que os moradores em volta constroem com o método convencional, você se lembra de ter sofrido algum tipo de preconceito, por parte dos outros construtores ou moradores, na época da construção da tua casa?**

Reinaldo: Não, muito pelo contrário! O pessoal ficou maravilhado quando viu tudo acontecendo, entendeu? É claro que existe uma cultura de que a construção tem que ter muito cimento, tem que ter muita pedra, prá poder segurar, porque senão cai. Então, por essa cultura, as pessoas até fizeram apostas de que a minha casa ia cair. Mas aí, eles entenderam como é o sistema e viram as amarrações com ferro, de metro em metro e perceberam que é tão segura, ou até mais segura, do que uma casa convencional.

- **Você acha que a tua casa ficou mais barata do que uma casa construída pelos métodos convencionais?**

Reinaldo: Com certeza! Minha casa tem aproximadamente 172m² e eu gastei – somente com a construtora, sem o acabamento – R\$ 28.000,00. Depois, com as portas e janelas, mais os acabamentos... pisos, forros, etc... eu gastei um pouco mais. No total, eu creio que eu tenha gasto R\$ 45.000,00.

E hoje ela vale em torno de R\$ 300.000,00!

- **Você tem consciência dos benefícios do tijolo de solo-cimento em relação ao meio ambiente?**

Reinaldo: Sim, com certeza! Eu sei que eu estou contribuindo para evitar o aquecimento global, porque o tijolo de solo-cimento não sofre queima!

- **Perfeito!**
- **Bem, senhor Reinaldo, muito obrigado pelo seu depoimento!**



Figura 6. Residência construída com tijolos de solo-cimento, em bairro afastado do centro de São Paulo (do autor, 2011).

O depoimento do senhor Reinaldo reforça a hipótese de que a falta de informação sobre o que é um empreendimento com visão global, sustentável e ecológica ainda é algo muito marcante no Estado de São Paulo – considerado um dos estados brasileiros mais desenvolvidos.

Ao mesmo tempo, também nos permite perceber que a proximidade com a cidade grande minimiza o impacto dessa falta de conhecimento sobre o trabalho com tijolos de solo-cimento, mesmo que ele ainda exista. Já pelo interior do estado, essa situação se torna mais complexa, quanto mais distante da capital estivermos, talvez por estar associada às questões históricas e culturais, conforme já mencionado no início deste trabalho.

5. MAIS PARÂMETROS DE COMPARAÇÃO

Em busca de outros parâmetros de comparação para a minha experiência pessoal na construção com terra crua, encontrei a história do senhor José Roberto Bezerra Silva, de 45 anos, paraibano e morador da cidade de Aguiar, distante cerca de 430 km da capital da Paraíba, João Pessoa.

Ele nos relatou o seguinte:

“Trabalho com tijolo de solo-cimento desde 1997 e confesso que tenho me espantado com a redução de custo que essa tecnologia permite, aliado a qualidade de empreendimento. Não tenho dúvida de que essa técnica dominará, nos próximos anos, 90% das construções de casas convencionais. São Paulo tem sido o propulsor de desenvolvimento no Brasil, tido como o estado mais desenvolvido, mas, infelizmente, com um pensamento desses, que graças a Deus não é o pensamento do povo da Paraíba”.

Assim como no Estado de São Paulo, o estado da Paraíba também recebeu imigrantes de diversas nacionalidades, que começaram a chegar a partir da independência do Brasil, em 1822. Muitos deles também se direcionaram para as lavouras que, diferentemente de São Paulo, encontraram no algodão o seu “ouro-branco”.

Depois da segunda metade do século XIX, enquanto São Paulo vivia o seu desenvolvimento impulsionado pelas plantações de café, a economia paraibana desenvolvia-se em função das plantações de algodão e dos canaviais.

Outra diferença marcante é a presença de imigrantes holandeses e ingleses – que já habitavam a Paraíba mesmo antes do século XIX – além dos alemães, que chegaram no começo do século XX. Estes três grupos de imigrantes diferenciam-se da realidade paulista, já que os espanhóis foram os que mais se concentraram por aqui, depois dos portugueses e italianos. “O censo de 1920, por exemplo, revelou que 78% dos [imigrantes] espanhóis residiam neste estado” (Seyferth, G., 2010), sendo que a grande maioria deles fixou-se, a princípio, no campo, para trabalhar nas fazendas de café, “onde ganharam posições como pequenos e médios proprietários” (Seyferth, G., 2010).

Talvez a grande diferença, entre Paraíba e São Paulo, que justifica a comparação feita pelo senhor José Roberto no tocante à aceitação das técnicas construtivas com terra crua, ainda não seja nenhuma das apresentadas acima, mas sim, uma combinação destas com o fato de que este tipo de construção tem sido explorado há mais tempo no Nordeste brasileiro, onde ele se ajusta melhor ao clima quente e seco. Justamente por isso, podemos encontrar muitos trabalhos acadêmicos e experiências reais acontecendo por lá, assim como a oferta de cursos e treinamentos sobre o assunto.

Prova disso é a criação do Instituto do Bambu, na cidade de Maceió, Alagoas, dedicado à pesquisa do bambu, como matéria prima para a técnica do pau-a-pique. A ideia de sua criação está ligada à continuidade das pesquisas sobre este tema, além da difusão por meio de treinamentos e materiais informativos.

No Sudeste, por outro lado, existem empresas que comercializam blocos de terra crua, mais precisamente, os tijolos de solo-cimento. Na metrópole de São Paulo, por exemplo, os construtores ou futuros proprietários de habitações não produzem – eles mesmos – esses tijolos, mas os compram de alguns fabricantes. Essas empresas conferiram a esta tecnologia, originalmente considerada manual ou artesanal, o status de “semi-industrializada” (figura 7), já que os tijolos são fabricados em uma escala maior, usando-se prensas hidráulicas. São essas mesmas empresas que oferecem cursos e treinamentos, como aquele a que se referiu o senhor Reinaldo em sua entrevista e que, já sabemos, não são devidamente divulgados ou têm uma participação significativa da população envolvida com a construção civil.

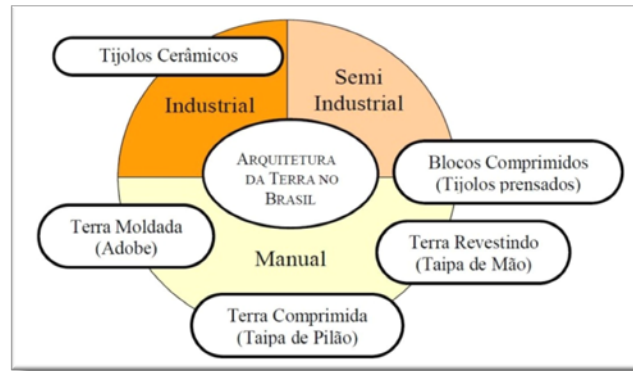


Figura 7. A arquitetura da terra, no Brasil (do autor, 2011)

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Já sabemos que o Estado de São Paulo tem características peculiares que o diferencia dos demais estados da federação brasileira. Em sua maioria, essas características são formidáveis e lhe conferem dinamismo e crescimento.

Porém, percebe-se que esse dinamismo está concentrado na capital e nas cidades próximas, onde a oferta de serviços e informação é bastante intensa. Ao nos afastarmos desses grandes centros urbanos observamos a escassez dessa oferta e, conseqüentemente, um aumento da rigidez em torno dos costumes e tradições.

No caso da construção civil, esse apego às técnicas construtivas tradicionais – reforçado por estruturas comerciais e profissionais muito protecionistas – acaba criando uma barreira para o construtor que deseja experimentar o uso da terra crua, na busca de uma arquitetura mais adequada ao clima e a biodiversidade.

Em outras palavras, podemos dizer que é necessário instruir o trabalhador da construção para que se vença o preconceito em relação às técnicas e materiais menos ligados à industrialização. Só com o aumento da oferta de cursos e treinamentos – sejam eles de origem pública ou privada – e com maior divulgação do assunto nos meios de comunicação (fomentando interesse) é que, também, a aceitação dessas técnicas deverá aumentar em decorrência da diminuição do preconceito, da flexibilidade das relações comerciais entre fornecedores e construtores e do interesse das pessoas em adquirirem imóveis planejados de forma sustentável e com baixo impacto ambiental.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Dethier, J. (1982). *Arquitetura de Terra ou o futuro de uma tradição milenar*. Rio de Janeiro: Avenir. 208 p.

Picorelli, L. (2011). Construção de terra: Parte2 – Adobe. *Lecy C. Picorelli: Bioarquitetura e Bioconstrução*, Junho. 2011. Disponível em: < <http://lecy-picorelli-bioarquitetura.blogspot.com.br/2011/06/construcao-de-terra-parte2-adobe.html#axzz1rMkizjba>>. Acesso em: 13 fevereiro, 2012.

Saia, L. (1978). *Morada Paulista*. Coleção Debates. 2ª Edição. São Paulo: Perspectiva. 318 p.

Seyferth, G. (2010). *Histórico da Imigração no Brasil*. Disponível em: http://www.diasmarques.adv.br/pt/historico_imigracao_brasil.htm . Acesso em 03 abril, 2012.

Silva, C. (2000). *Conceitos e Preconceitos relativos às Construções em Terra Crua*. 155 p. Dissertação de Mestrado em Saúde Pública - Escola Nacional de Saúde Pública/ Fundação Oswaldo Cruz. São Paulo. Arquivo em PDF.

NOTAS

- (1) Taipa de pilão: a técnica da taipa de pilão consiste em levantar paredes de barro, comprimindo-o com golpes de pilão entre placas de madeira. É uma técnica de origem árabe muito utilizada ainda hoje em países com clima seco.
- (2) Pau-a-pique: a técnica da taipa de mão, também conhecida como pau-a-pique, consiste em armar uma estrutura de ripas de madeira ou bambu – formando uma tela – e, em seguida, preencher os vãos desta tela com uma massa de barro, bastante argilosa e “liguenta”.
- (3) Adobe: antecessor do tijolo cozido. A técnica consiste em confeccionar tijolos de barro com formas retangulares e, após um tempo de secagem natural em descanso, sobrepô-los com uma liga de argamassa de mesmo material, formando as paredes.
- (4) Tijolos de solo-cimento: Para a confecção de tijolos de solo-cimento, faz-se a massa na proporção de 1:10, ou seja, 1 saco de cimento para 10 sacos de barro. Os tijolos são compactados em uma prensa, que pode ser manual ou hidráulica. Os tijolos devem ficar abrigados em local fechado, durante uma semana, quando são regados com pouca água, durante o processo de cura.
- (5) Mesorregião: “é uma subdivisão dos estados brasileiros que congrega diversos municípios de uma área geográfica com similaridades econômicas e sociais. Foi criada pelo IBGE e é utilizada para fins estatísticos e não constitui, portanto, uma entidade política ou administrativa.” (Wikipedia) (figura 8).
- (6) Microrregião é, de acordo com a Constituição brasileira de 1988, um agrupamento de municípios limítrofes. Sua finalidade é integrar a organização, o planejamento e a execução de funções públicas de interesse comum, definidas por lei complementar estadual.

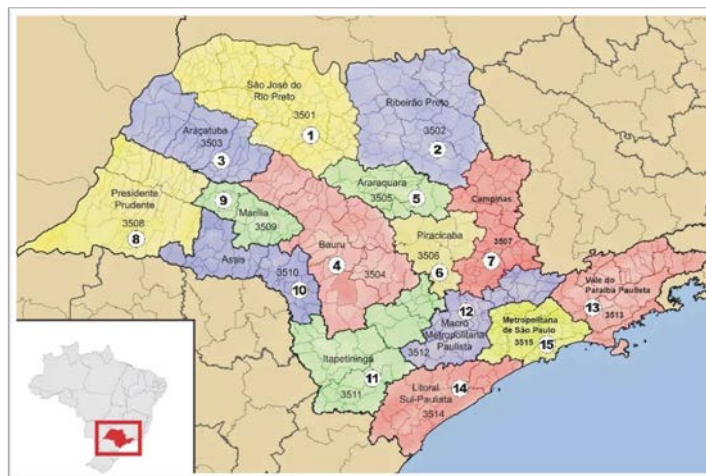


Figura 8. O Estado de São Paulo dividido em Mesorregiões (Wikipedia).

AUTOR

Fernando Luis de Oliveira Costa, arquiteto urbanista paulistano, formado pela Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. Autor de projetos residenciais em solo-cimento e de edifícios comerciais que visam à máxima eficiência energética, em São Paulo.



INCUBADORA VERDE

Baglioni, Eliana¹; Munhoz, Rodrigo²

(1) Arquiteto – Via G. Amendola nº7, 06070 Corciano, Perugia, Italia, 0039 3496434744, elianabaglioni@gmail.com

(2) Arquiteto - Guaxo_Projetos Sustentáveis, Rua XV de Novembro nº 1395, Piracicaba, São Paulo, Brasil, 0055 19 33740151, rodrigo.munhoz@guaxo.com.br, www.guaxo.com.br

Palavras-chave: bambu, taipa de pilão, talhado verde

Resumo

Este documento relata a construção de um galpão, em um viveiro, a ser utilizado como um local para oficinas e atividades relacionadas aos temas da sustentabilidade. A construção do galpão, projetado pelos arquitetos Rodrigo Munhoz e Eliana Baglioni, foi o primeiro passo para criação de um viveiro educador da Associação Florespi (Associação de Recuperação Florestal da Bacia do Rio Piracicaba e Região).

A premissa do projeto foi utilizar materiais e métodos de construção mais naturais e sustentáveis possíveis, além de reutilizar parte dos materiais de demolição do antigo pavilhão.

O galpão de 100 metros quadrados foi feito com uma estrutura de bambu, sob a consultoria do Arquiteto Edoardo Aranha.

O volume utilizado como banheiro é delimitado por paredes de taipa de pilão e fechamentos em "cana da Índia", e tem paredes divisórias feitas de painéis de madeira naval. O chão é de terra batida e a cobertura, de 130 metros quadrados em "telhado verde", com grama e plantas nativas, que requerem pouca manutenção.

A construção do pavilhão, ainda não concluída, foi feita em etapas, sob a direção dos mesmos arquitetos e da Associação. Para condizer com a proposta de criar um viveiro educador, uma parte substancial do edifício foi construída por meio do "Curso Teórico-Prático de Construção Sustentável", com a participação de mais de 40 pessoas.

Como arquitetos, designers e capacitadores esperamos que este pavilhão se torne uma verdadeira "incubadora verde", não só de sementes, mas também de pessoas mais conscientes e sensíveis à questão da sustentabilidade.

1. INTRODUÇÃO

Ao final dos 2010 fomos chamados pela Associação Florespi¹ a projetar um galpão dentro de um dos seus viveiros, com o objetivo de transformar este espaço em um viveiro educador para capacitar pessoas em temas relacionados à arborização e ao uso sustentável dos recursos naturais.

Este artigo visa testemunhar a experiência de projeto e construção de um galpão com matérias sustentáveis, feitas pelos autores e arquitetos Rodrigo Munhoz e Eliana Baglioni, com o fim de ser o coração de um viveiro educador para hospedar, sejam atividades relacionadas à produção de mudas, sejam atividades de capacitação teórico-práticas a serem realizadas através de cursos e oficinas.

2. O PROJETO

Visitando o viveiro, encontramos no lugar onde devia surgir o novo pavilhão um "velho" galpão (figura 1), que se mostrava em más condições causadas por destelhamento ocasionado por uma tempestade, além disso, o contrapiso de concreto estava quebrado e muito desnivelado, condições que não permitiam a sua recuperação.

O viveiro em si não fornecia muitos materiais úteis a construção, o solo era de piçarra², coberta só por uma fina camada de terra.

Como forma de utilizar os recursos de maneira sustentável e empregar matérias-primas locais, decidimos reaproveitar o máximo possível dos materiais da demolição do antigo galpão. A terra que deveria ser utilizada para o plantio de mudas foi incorporado na realização das paredes feitas em taipa de pilão.

Estimulados pela vontade da Florespi de cultivar o bambu no viveiro, decidimos empregar este material também para as estruturas. Para isolar do calor e dar peso extra à cobertura para que essa não sofresse mais com os fortes ventos, optamos por um telhado verde.



Figura 1. Antigo galpão cujo teto foi demolido por uma tempestade (Munhoz, setembro 2010)

Para trabalhar com as mudas a Florespi precisava, principalmente, de um lugar coberto de fácil acesso para os trabalhadores e suas pequenas ferramentas. Ao mesmo tempo o lugar tinha que ser flexível para acolher pessoas e realizar palestras, cursos teóricos e as atividades práticas de capacitação.

O projeto do novo galpão consistiu de uma grande cobertura inclinada, de uma água (em direção NE/NO), que permite aos usuários trabalharem protegidos do sol quente em contato direto com a paisagem circundante. No lado sudeste da planta, localiza-se o volume parcialmente fechado, que acolhe os banheiros, uma ducha para os trabalhadores do viveiro, e um local técnico para a bomba que regula a irrigação das mudas do viveiro.

O pavilhão foi pensado pelos arquitetos não só como um galpão funcional, como também um espaço acolhedor, exemplo de uma maneira de fazer arquitetura mais sustentável, natural e atenta ao meio ambiente. A cobertura de 130 m² de área é sustentada por uma elegante estrutura modular em bambu e o volume “úmido” é fechado por paredes em taipa de pilão e cana da Índia.

Em concordância com os proprietários, decidimos fazer da construção do galpão o primeiro curso de capacitação na área de construção sustentável do viveiro educador. Com exceção das obras preliminares de realização das fundações e de preparação do local, uma parte substancial do edifício foi construída através do "Curso Teórico-Prático de Construção Sustentável", organizado numa parceria entre Florespi e os Arquitetos. Este se realizou em Piracicaba, do dia 11 ao dia 20 de fevereiro de 2011.

2.1 Fundações, bases e obras preliminares (figura 2)

Para isolar os pilares de bambu e as paredes de taipa de pilão, tanto da água da chuva

quanto da umidade que sobe do solo por capilaridade, foram construídas bases altas com tijolos recuperados da demolição do galpão pré-existente.

As bases de tijolos foram pensadas em dois tipos: pontuais para os pilares de bambu, e contínuas para as paredes de taipa de pilão. Estas bases foram construídas como “caixas” vazias, a fim de permitir um preenchimento diferenciado segundo os casos e as necessidades.

As bases pontuais, de forma quadrada, construídas sobre o leito de piçarra³ encontrado a alguns centímetros abaixo do nível do solo, foram preenchidas de concreto armado, usando como agregado parte do entulho de demolição, e deixando ferros de espera para conectar os pilares de bambu.

O volume úmido é delimitado em todo o seu perímetro por base contínua de 50 cm de altura, dividida em compartimentos separados por paredes transversais, também de tijolos. A fim de manter a permeabilidade do solo e evitar a estagnação de água abaixo das paredes longitudinais, foram construídas fundações feitas de pequenos baldrames em concreto armado. A taipa de pilão localiza-se sobre alguns desses compartimentos que foram preenchidos com brita para drenar e limitar a subida de umidade e água por capilaridade. Os compartimentos do volume úmido, que acolhem a estrutura de bambu, foram preenchidos de concreto armado da mesma maneira das bases pontuais. Nos compartimentos localizados entre taipa e bambu, o preenchimento foi feito com uma camada de brita e entulho na parte em contato com o solo. Acima desta, colocamos uma camada de terra para realizarmos algumas floreiras.

Ao redor de todo o perímetro do galpão foi criada uma drenagem com canos especiais e brita, para evitar a estagnação de água.



Figura 2. Vista preliminar da obra (Baglioni, fevereiro 2011)

O terreno ao interior do perímetro se apresentava muito desnivelado, por isso foi necessário fazer um aterro. Tal aterro foi realizado graças à colaboração de voluntários e amigos: foi nivelado com compactador mecânico (tipo sapo) e manualmente com pilões de madeira; por fim, foi coberto com uma camada de brita. A intenção é que esta área de trabalho do galpão seja acabada com um piso de terra batida. No interior do volume úmido, ao contrário, optou-se por um piso de cimento queimado, que foi deixado no contrapiso até a finalização da taipa e a maioria das atividades mais pesadas da obra do galpão.

2.2 A estrutura de bambu

A estrutura de bambu foi concebida de maneira modular para facilitar uma possível futura

expansão do galpão. Em fase de projeto, nos valemos da consultoria do arquiteto Eduardo Aranha⁴ que foi também capacitador, durante o curso, do módulo de construção com bambu.

A estrutura é constituída de dois pórticos, uma frente a outra, conectadas entre si por duas vigas.

Cada pórtico é constituído de dois pilares conectados horizontalmente, em cima e em baixo, por duas varas de bambu. Cada pilar, por sua vez, é constituído de quatro varas de bambu. A possibilidade de realizar os pilares individualmente e de montar os pórticos sobre uma mesa de trabalho para depois os erguer e assentar sobre as fundações deu grande agilidade à obra. Sucessivamente cada portal foi também estabilizado com tirantes de aço postos em X.

Como a estrutura deve suportar o elevado peso do teto verde, foi escolhida uma viga de tipo vagão, que, graças a cabos de aço tencionados, distribui e diminui os momentos fletores, permitindo vencer grandes vãos sem aumentar sua secção. Cada viga é constituída de três bambus sobrepostos para obter uma secção mais resistente. Para formar a viga vagão posteriormente foram instalados cabos de aço conectados a cada extremidade da viga e distanciados do centro da viga por uma vara de bambu de 50 cm de altura.

O bambu usado é do tipo mossô, tratado por meio de autoclave com solução repelente de brocas e seco em estufa. Estes foram adquiridos com o fornecedor “bambu carbono zero”⁵. O bambu do tipo mossô foi escolhido por ser cultivado numa região próxima à construção e pelo seu custo benéfico. Embora este não seja o melhor bambu para este tipo de uso ele tem uma boa resistência (Van Lengen, 2008).

A exceção dos tirantes de aço, toda a estrutura, foi realizada durante o curso (figura 3).



Figura 3. Estrutura de bambu, antes da colocação dos tirantes (Baglioni E., fevereiro 2011).

2.3 As paredes de taipa de pilão

Parte da vedação, utilizada no único volume fechado da construção, foi realizada com paredes de taipa de pilão, uma antiga técnica de construção em terra crua.

Esta técnica chegou ao Brasil através dos portugueses, que a aprenderam com os árabes, e teve seu uso generalizado no Brasil até o século XVIII (Oliveira, 2005). A taipa de pilão, que consiste na compactação de camadas de terra parcialmente argilosa, no interior de uma

fôrma, resiste à compressão principalmente por massa, e implica a realização de paredes muito espessas, pelo menos 40 cm, mas geralmente entre 60 cm e 100 cm (Baglioni, 2009).

Atualmente a construção em terra crua está sendo resgatada, sobretudo no âmbito da arquitetura sustentável devido a uma série de fatores, entre eles: facilidade de encontrar o material terra; desempenho termo-higrométrico; baixo impacto ambiental (pouca energia embutida, natural e reciclável).

No Brasil diversos centros de pesquisa como o CEPED (Centro de Pesquisas e Desenvolvimento), associações de profissionais como a ABCTerra e redes de pesquisa como a TERRABRASIL e a PROTERRA têm buscado ensinar, difundir e regularizar os sistemas em terra (Hoffmann; Gonçalves, 2010); mesmo assim, a tecnologia da taipa de pilão está ainda carente de pesquisas que apontem soluções para que a técnica seja aperfeiçoada e amplie sua utilização no mercado da construção civil (Heise et al., 2010).

Os estudos e as experimentações mais frequentes, em âmbito internacional, são sobre a otimização da mistura de terra, muitas vezes estabilizada com outros materiais como cimento, cal, areia, betume; sobre a produtividade da obra, geralmente por meio de compactadores mecânicos; e sobre a eficiência da fôrma, fator estreitamente ligado ao projeto.

No caso do galpão, foi impossível usar a terra do local, pois nos encontrávamos em presença de um terreno rochoso, onde a camada de terra era muito superficial, de 10 cm a 20 cm. Executando provas de campo na terra usada para a preparação das mudas de acordo com procedimentos indicados por Neves et al. (2009), verificamos que se poderia usar para a construção. Para ter mais opções, contatamos diferentes vendedores de terra num raio de 15-20 km da obra, para aproveitar o mais possível dos materiais locais; verificamos a disponibilidade de um lote único que satisfizesse a cubagem necessária para a realização das paredes e analisamos as terras com provas de campo: a terra escolhida foi, mesmo, aquela das mudas.

Esta terra não atendia as características granulométricas ótimas indicadas nas bibliografias científicas para a taipa de pilão: segundo Houben e Guillaud (1989) esta deve ter a proporção de 10-20% de argila, 10-20% de silte, 20-50% de areia e 10-50% de cascalho, segundo a normativa espanhola Piet-70, as porcentagens granulométricas são 10-40% de argila, 20-40% de silte, 10-40% de areia e 10-20% de cascalho, onde a percentagem de argila+silte não deve superar o 45% (Font; Hidalgo, 2009).

A terra à nossa disposição se mostrava fina como a maioria das terras brasileiras, muito lavadas pelas chuvas e muito argilosas. Dos resultados empíricos da prova de sedimentação calculamos a presença de cerca de 40% de argila. Esta terra se apresentava então mais adaptada a realização de adobes, que da taipa de pilão.

Para melhorar a composição granulométrica da terra para os nossos fins, ou seja, para diminuir o percentual de argila, foi adicionada areia na mistura.

Decidimos também adicionar a esta mistura cal e cimento obtendo assim paredes com maior resistência mecânica. Os seguintes fatores também influenciaram nessa decisão: exposição direta às violentas chuvas torrenciais do verão; ao fato de usarmos estas paredes no volume úmido do edifício e à necessidade de realizar em curto tempo paredes com reduzida espessura (30 cm). Essa mistura propicia paredes lisas e já acabadas ao desenformar, ação impraticável quando se usa apenas uma mistura de terra.

A cal reage com a argila e lhe fornece impermeabilidade sem impedir a transpiração, além disso, torna com o tempo a terra “uma pedra”, continuando a ser totalmente natural e potencialmente reciclável. O cimento contribui para uma maior resistência mecânica e impermeabilização e aumenta o tempo de vida de uma parede. Contudo, impossibilita a reutilização desta terra, tanto no âmbito construtivo quanto produtivo, interrompendo portanto o seu ciclo de reuso.

O traço usado na mistura, em volume, foi de 10:1:0,5:1, falando respectivamente de terra : cal : cimento : areia fina.

Tanto as fôrmas como os pilões de madeira foram projetados para esta específica obra e realizados por um marceneiro. Para poder elevar as duas paredes ao mesmo tempo, foram necessárias quatro fôrmas: em cada parede se compactou a terra até completar uma primeira fôrma, por não termos tempo de esperar a secagem, continuamos a obra sobrepondo uma segunda fôrma à primeira. Só depois de ter completado esta segunda se desenformou a primeira para sobrepô-la à segunda. Por motivações econômicas foi escolhida madeira de pinus para as fôrmas, esta não se demonstrou muito adapta por ser muito deformável devido tanto a absorção da água da mistura quanto a força da compactação. Os oito pilões, quatro maiores e quatro menores, foram realizados com pedaços de madeiras mais pesadas.



Figura 4. As duas paredes de taipa de pilão (Baglioni, março 2011).

Ao final da semana de curso, sob a direção da arquiteta Eliana Baglioni, foram terminados os dois “painéis”⁶ de taipa de pilão, nos quais foram inseridas texturas, usando camadas de cal e brita, e inserindo pedaços de bambu para serem usados como porta objetos nos banheiros e na ducha (figura 4).

As paredes têm dimensões de 3 m x 3 m x 0,3 m cada uma. Para fazê-las foram usados cerca 11 m³ de materiais⁷, totalmente misturados e compactados à mão.

2.4 O acabamento do volume úmido

As divisórias internas do volume fechado, que dividem os banheiros da ducha e do quarto técnico, foram concebidas em placas de compensado laminado naval de pinus, pelo fato de serem impermeáveis e facilmente limpos. As placas são sustentadas por meio de uma estrutura de madeira formando paredes ocas por onde passam as tubulações de água e luz, evitando assim a passagem destas dentro das paredes de taipa, tornando muito mais fácil a eventual manutenção (figura 5).

O resto da vedação exterior desse volume é feita por meio de um fechamento de cana da

índia parafusada horizontalmente nos pilares, com 3 cm de espaço entre elas, criando jogos de luz e sombra e realizando um filtro permeável, mais que uma separação, entre o espaço reservado e o meio ambiente.

Em baixo da cana da índia, nos compartimentos de tijolos não ocupados pela taipa de pilão ou pelos pilares de bambu, se realizaram floreiras.

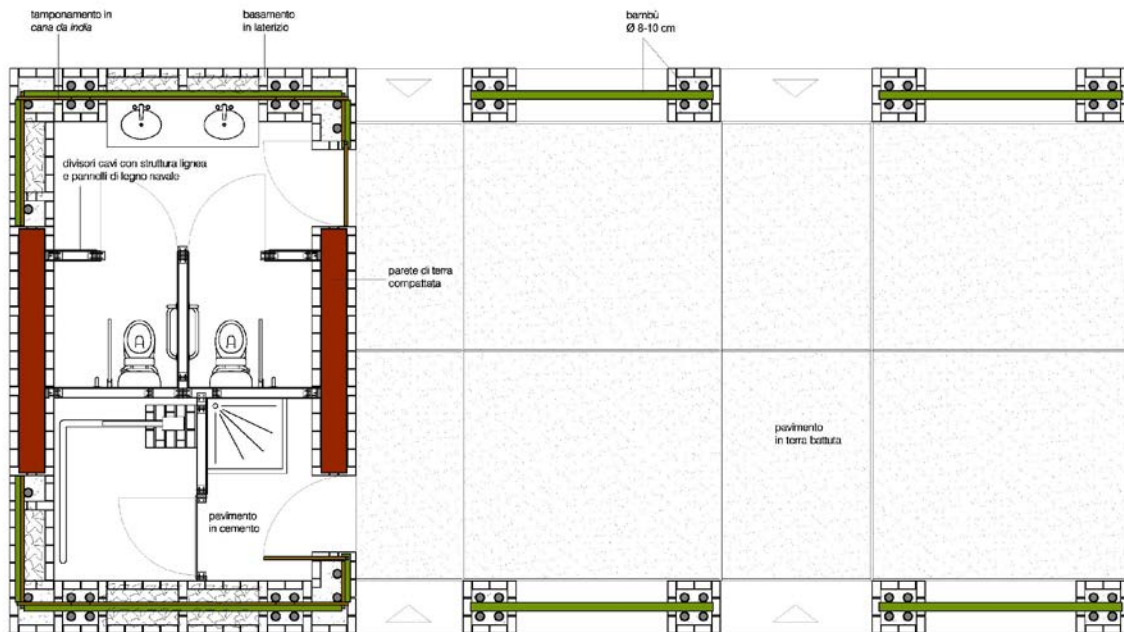


Figura 5. Planta do galpão com a indicação das soluções de projeto (Baglioni, fevereiro 2011)

2.5 O telhado verde

O telhado verde ou coberturas vegetais são empregados há séculos em construções, especialmente nos países escandinavos onde cumprem a função fundamental de isolar termicamente o interior das construções mantendo a temperatura interna no inverno e refrescando no verão, devido à evapotranspiração das plantas. Além desse aspecto, esse tipo de cobertura aumenta o conforto acústico pela massa, elimina a reflexão dos raios de sol e diminui o aquecimento em prédios vizinhos, aumenta a geração de oxigênio (fotossíntese), retém a água da chuva, e contribui com o aumento da biodiversidade (Snell; Callahan, 2005).

Para sustentar o telhado verde, as vigas de bambu foram cobertas com uma estrutura perpendicular composta de vigotas de eucalipto (de reflorestamento) espaçadas 60 cm entre elas. Sobre estas se assentaram placas de aglomerado de madeira OSB (oriented strand board) de 1,5 cm de espessura (figura 6). Para aumentar a sombra e proteger paredes e bambu dos agentes atmosféricos foram criados grandes beirais em todo o perímetro da construção.

Acima das placas de OSB a impermeabilização foi feita com uma lona de PVC normalmente utilizada para cobrir caminhões.

Durante o Curso de Construção Sustentável e no período seguinte se preparou o telhado até a impermeabilização.

O telhado não foi concluído, mesmo assim em projeto tem-se sobre a impermeabilização, para protegê-la, uma camada de manta geotêxtil drenante. Sobre esta, uma fina camada de areia grossa para ajudar na drenagem e novamente a manta geotêxtil que separa a areia dos 10 cm de substrato que servirá como base para a vegetação (figura 7).

Os beirais, por sua vez, são mais leves e, ao invés da vegetação, será usada a argila

expandida como isolamento térmico e proteção contra a incidência dos raios UV na impermeabilização.



Figura 6. Parte da estrutura de cobertura realizada no Curso (Baglioni, fevereiro 2011)

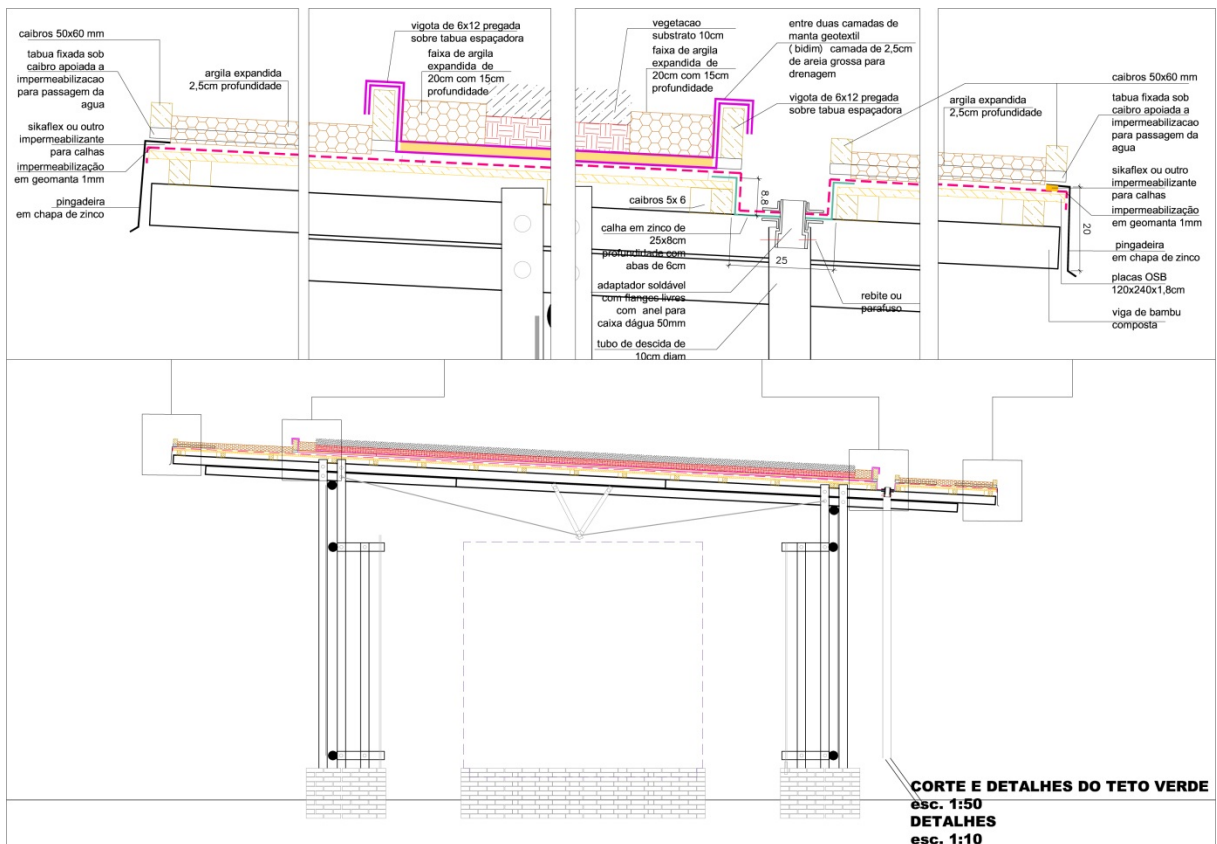


Figura 7. Projeto da cobertura verde (Munhoz R., janeiro 2011).

Deu-se preferência para plantas que pudessem aguentar as altas temperaturas típicas da cidade e também fossem de baixa manutenção em relação à água. Para que parte da cobertura fosse transitável se escolheu a grama batatais, forração pisoteável, e além dela a clorófitos e maria-sem-vergonha.

2.6 O piso de terra batida

O piso da parte livre do galpão, ainda não realizado, foi pensado em terra batida. Escolhemos este tipo de piso por sua coerência com o partido do projeto, e pela possibilidade de ser executada em autoconstrução, além da oportunidade de demonstrar esta técnica no viveiro educador. A terra batida ou compactada é frequentemente usada como acabamento de alguns caminhos exteriores, mas ainda pouco usada nos espaços interiores, embora em países como Guatemala, segundo os dados obtidos do censo habitacional de 2012, tenham 30% dos pisos das casas feitos em terra batida (Zapata, 2005).

Existem varias maneiras de usar a terra crua para a realização de pisos, com resultados que podem responder aos critérios clássicos exigidos para os pisos e também contribuindo ao melhoramento do clima interior e da estética, tendo custos aceitáveis (Lemarquis, 2010).

No galpão, o piso a ser realizado se constitui de uma única camada sobre as camadas de terra compactada do aterro e de brita já existentes.

A terra para o piso é a mesma usada para a taipa de pilão, estabilizada com cal (proporção 14:1) e compactada manualmente por meio de pilões de madeira.

O piso deve ser feito por partes, dentro de “áreas” delimitadas por sarrafos de madeira com função de juntas de dilatação. Como acabamento, por cima desta camada é colocado um tecido de juta⁸, assentado com uma mistura no estado liquido de terra argilosa e água. Quando seco passa-se óleo de linhaça, ao menos em duas demãos, para impermeabilizar e dar o acabamento da superfície.

3. EXPERIÊNCIAS DE AUTOCONSTRUÇÃO

3.1 O curso de construção sustentável

O Curso de Construção Sustentável compreendeu dois módulos: o primeiro de taipa de pilão e estrutura de bambu, e o segundo de teto de grama⁹, e consistiu ao todo de seis dias de aulas pratico-teóricas. Além desses dias, parte dos alunos permaneceu durante a semana, entre os dois módulos, como voluntários para adiantar etapas da construção que não foram terminadas no primeiro módulo.

Com a participação de 46 pessoas, incluindo inscitos e colaboradores¹⁰, que não tinham nenhuma experiência prática anterior em construção, conseguimos completar em 10 dias a estrutura de bambu, as paredes de taipa e parte da cobertura.

A divulgação pela mídia local foi extensa, e foi unânime entre os participantes o sentimento de satisfação em trabalhar em conjunto e compartilhar ideais de construção e de vida.

A intenção do curso foi aquela de envolver os participantes não só na construção, mas também em uma maneira de viver diferente e possível. Para fazer isso foi essencial a ajuda dos apoiadores que forneceram, nos vários dias, alimentação ovo-lacto-vegetariana, alimentos orgânicos, aulas de yoga, atividades coletivas, e palestras sobre materiais alternativos para a construção civil.

O resultado foi ótimo porque o Curso foi uma verdadeira troca de informações, práticas, experiências e humanidades, sobre as questões de arquitetura sustentável. Criou-se um ambiente fomentador de uma atitude transformadora em relação ao modo como se pode viver em sociedade impactando menos no meio ambiente circundante.

3.2 A continuação da obra

Como já dito, durante o curso não foi possível concluir o galpão, por isso os arquitetos e alguns voluntários, contatados pela Florespi, terminaram a colocação das placas de OSB do teto e da impermeabilização, estabilizaram a estrutura de bambu por meio dos tirantes de aço e realizaram o fechamento em cana da índia.

Nossa intenção é que o restante da obra seja concluída conforme o projeto executivo fornecido pelos arquitetos, por meio de outras oficinas práticas de construção sustentável dentro das atividades do viveiro educador.

4. CONSIDERAÇÕES SOBRE OS DESAFIOS DA ARQUITETURA SUSTENTÁVEL

Trabalhar com a arquitetura sustentável coloca o arquiteto frente a vários desafios, devido a dificuldade em encontrar no mercado diferentes alternativas de materiais ecológicos. Portanto é de fundamental importância levar em consideração que o tempo de pesquisa, tanto de soluções projetuais quanto na procura de fornecedores, materiais e seus custos, é maior que em uma construção convencional e esse fator “pesquisa” aumenta o custo da fase projetual.

Todo isso influi muito no orçamento final da obra porque, uma vez encontrados materiais que cumpram determinada função, é necessário entender quais aspectos devem ser levados em conta para que esses produtos possam ser aplicados. Em outras palavras, estes materiais tem que ser testados antes de adquiridos em grande quantidade para que se consiga fazer uma estimativa da dificuldade de aplicação deste material e de custos extras decorrentes da curva de aprendizado dos alunos e mão de obra. Hoje os materiais mais sustentáveis são muito caros e as alternativas mais econômicas são ainda pouco testadas, não fornecendo muitas garantias sobre a vida útil do material.

Para poder reduzir o preço do produto final, chegando a competir com os preços da construção convencional, é então necessário um detalhado trabalho em fase de projeto arquitetônico, executivo, testes e orçamento.

Querendo trabalhar em autoconstrução ou com cursos de capacitação, o arquiteto deve também levar em consideração que *a priori* o canteiro de obras será composto de uma mão de obra não especializada, as soluções projetuais devem ser as mais didáticas possíveis para que não haja dúvidas no processo de construção e possam ser facilmente reproduzidas.

O galpão objeto deste artigo, com uma superfície coberta de 130m², tem um custo estimado de R\$ 60.000,00 (cerca de USD 33.000,00¹¹), considerando custo de projeto, direção de obra, organização do primeiro curso, capacitadores, mão de obra e materiais. Mesmo não podendo defini-la como uma obra econômica, o galpão teve um custo de R\$ 460,00 o metro quadrado, preço inferior à média de um galpão realizado com materiais convencionais na mesma época¹².

Nós autores, em qualidade de arquitetos, designers e capacitadores, decidimos expor de maneira crítica o trabalho feito neste galpão, para que sirva de exemplo real e de ponto de partida para reflexões sobre a construção. De toda maneira estamos satisfeitos do nosso trabalho e esperamos que este pavilhão se torne uma verdadeira "incubadora verde", não só de sementes, mas também de pessoas mais conscientes e sensíveis à questão da sustentabilidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Baglioni, E. (2009). *Tecniche costruttive in terra cruda nella Valle del Drâa, Marocco*. Tese de título não publicada, Faculdade de Arquitetura, Universidade de Florência, Itália.

Font, F.; Hidalgo, P. (2009). *Arquitecturas de tapia*. Colégio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Castellón, Espanha.

Heise, A. F.; Granja, A. D. e Picchi, F. A. (2010). Oportunidade de Aplicação dos princípios e ferramentas da mentalidade enxuta no processo de produção do painel monolítico de taipa de pilão. In: *Anais do Terra Brasil 2010, III Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil, 31 de agosto - 3 de setembro 2010, Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil*.

Hoffmann, M. V.; Gonçalves, R. (2010). Análise da qualidade da taipa de pilão por meio de ondas ultrasônicas. In: *Anais do Terra Brasil 2010, III Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil, 31 de agosto - 3 de setembro 2010, Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil*.

Houben, H.; Guillaud, H (1989). *Traité de construction en terre*. CRATerre – Centre International de la Construction en terre. Mairielles: Parenthèses, França.

Lemarquis, A. (2010). Los pisos en tierra cruda. In *El Diseño de la Arquitectura de Tierra, Anais do 10º Seminario Ibero Americano de Arquitectura y Construcción con Tierra, 8-13 de Novembro 2010, Salto, Uruguai*.

Neves, C. et al. (2009). *Seleção de solos e métodos de controle em construção com terra: Prática de campo*. Rede Ibero-americana PROTERRA. Disponível em <http://www.redprotterra.org>.

Oliveira, M. M. de (2005). O solo-cal: uma visão histórica e documental. In *Terra em Seminario 2005, Anais do IV Seminário Ibero-Americano de Construção com Terra, e III Seminário de Arquitetura de Terra em Portugal*. Lisboa: Argumentum / Escola Superior Gallaecia, p.106-109.

Snell, C.; Callahan, T. (2005). *Building Green: A complete how-to guide to alternative building methods earth plaster * straw bale * cordwood * cob * living roofs*. New York, USA: Lark Book - Sterling Publishing Company, Inc.

Van Lengen, J. (2008). *Manual do arquiteto descalço*. São Paulo, Brasil: Empório do Livro (5º reimpressão).

Zapata, V. A. (2005). Propuestas tecnológicas para la construcción con tierra de pisos para vivienda económica. In *Terra em Seminario 2005, Anais do IV Seminário Ibero-Americano de Construção com Terra, e III Seminário de Arquitetura de Terra em Portugal*. Lisboa: Argumentum / Escola Superior Gallaecia, p.56-59.

NOTAS

- (1) A Florespi (Associação de Recuperação Florestal da Bacia do Rio Piracicaba e Região) é uma Organização sem fins lucrativos, que tem por objetivo implantar, recuperar e enriquecer florestas na área das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá, no estado de São Paulo (Brasil). As atividades da Associação são principalmente a produção de mudas e sementes; o prestar assessoria técnica para a implantação, em áreas como matas ciliares, topos de morros o áreas degradadas; a arborização urbana e das áreas verdes; a organização de cursos, oficinas e eventos. www.florespi.org.br
- (2) A piçarra é uma rocha metamórfica, formada pela compactação de argilas. É uma rocha densa, e se caracteriza por dividir-se em lamina planas, por isso era utilizada para realizar as coberturas e como elemento para escrever. Fonte: [http://es.wikipedia.org/wiki/Pizarra_\(roca\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Pizarra_(roca))
- (3) Cfr. (2)
- (4) Fundador do Instituto do Bambu e da Empresa Bambuseiro.
- (5) <http://www.bambucarbonozero.com.br>
- (6) A normativa brasileira não permite o uso de paredes de taipa de pilão como estruturais.

- (7) Calcula-se que por meio da compactação o volume da mistura diminui de quase a metade.
- (8) Usamos sacos de café.
- (9) Capacitador: Arquiteto Rodrigo Munhoz
- (10) Organizadores do Curso de Construção Sustentável: Rafael Jó Girão - Florespi; Arq. Rodrigo Parra Munhoz -Guaxo_Projetos Sustentáveis (www.guaxo.com.br); Arq. Eliana Baglioni. Projeto arquitetônico e acompanhamento da obra: Arq. Rodrigo Parra Munhoz - Guaxo_Projetos Sustentáveis; Arq. Eliana Baglioni. Consulta de projeto para estrutura em bambu: Arq. Edoardo Aranha –Bambuseiro. Capacitadores: Arq. Eliana Baglioni - Terra Crua/Taipa de Pilão; Arq. Edoardo Aranha (com Mathias e Jefferson) - Bambu; Arq. Rodrigo Parra Munhoz – Telhado Verde. Participantes: Alan Marius Absalonsen Junior; Alexandre Mattos Peron; Amadeu Bispo de Matos; Ana Carilina Mancera Bombini; Artur de Oliveira Silva; Carlos Andriota de Camargo; Cristina Erdelyi; Danielle V. A. Pereira; Evandro Rogerio Ramiro; Gabriel Gustinelli Silva; Gabriel Lima; Guaíra Celi Maia; Henrique Carrara; Humberto Vianna Machado; Karla Campos; Letícia Pacheco Barão; Lorena Lambstein; Maiara da Silva de Moura Leite; Marcia Fernanda de Camargo; Marco Aurélio Chalegre dos Santos; Nádia Rosário de Oliveira; Nelson Hermes Traldi; Nicanor; Paula Noia; Rafael Sette; Rafael Siddhain Souza Pereira Andrade Guimarães; Rafael Zandonadi; Rodrigo Lopes Bessa; Romulo Milanese; Samantha Orui; Tatiana Borim De Simone; Yuri Benko Brenninkmeijer; Yuri José Gonçalves de Almeida; Rosa A Gimenes de Camargo; Jaqueline Rocha; Leônia Maria Ferreira Dias Prieto. Colaboradores: Dante Cieto de Ferreira; Tiago Corrêa Giannetti; Luciana Motta; Cristiano Pastor; Frederico Domene; Fábio Boschi; Francisco Martins de Almeida Rollo; Lindomar dos Santos Barros; Ricardo Junior Schmidt; Edner Fabiano. Apoiadores: Piraçaí_Sucos e Alimentos Naturais; Chef Fábio Ros; Slow Food Piracicaba; Yôga Swasthya; Imaflora_Madeira Certificada; Bambu Carbono Zero; Centro Rural de Educação Ambiental Dr. Kok; landé_ Educação e Sustentabilidade, Filó_Comunicação, Educação, Arte; Florespi; Guaxo_Projetos Sustentáveis.
- (11) Reais brasileiros. Câmbio em 31/3/2012, 1 real=0,55 USD.
- (12) O custo médio da construção de um galpão industrial no estado de São Paulo, segundo o boletim econômico de fevereiro de 2012 da Sinduscon-SP é de 540,50 R\$/m².

AUTORES

Eliana Baglioni, Arquiteto, Universidade de Florência, Itália (2009). Colaborou em Projetos de pesquisa, acadêmicos e pessoais, sobre a arquitetura vernacular e as culturas construtivas locais, em particular sobre o patrimônio arquitetônico construído em terra crua (Marrocos, Jordânia, Chile). Participou em muitas iniciativas ligadas a arquitetura em terra, a Bio-arquitetura e a autoconstrução, como conferências internacionais, cursos práticos, workshop, tanto como participante que como relator o capacitadora. Colabora como professora assistente no “Laboratório di Sintesi in Architettura in Terra Cruda e Muratura”, na Faculdade de Arquitetura de Florência, Itália. Trabalhou com o escritório de Arquitetura Guaxo_Projetos Sustentáveis, do Arquiteto Rodrigo Munhoz, em Piracicaba, Brasil. Trabalhou em projetos de restauração e reabilitação estrutural de edifícios patrimoniais em terra crua no Chile, com o escritório Arias Arquitectos. Atualmente se ocupa de arquitetura natural.

Rodrigo Parra Munhoz, Arquiteto e Urbanista pela Universidade Mackenzie São Paulo. Pós Graduação em Marketing. Com experiências de convivência em diversas ecovilas e assentamentos sustentáveis na Europa, desenvolveu trabalhos ligados a bio-construção, nas quais se destacam Findhorn Ecovillage na Escócia, Tamera biótopo de cura em Portugal, Svanholm Gods na Dinamarca e “Scuola di Pratiche Sostenibili” na Itália. Atualmente desenvolve, com o seu escritório Guaxo_Projetos Sustentáveis (www.guaxo.com.br), projetos que visam a integração entre homem e natureza.



TERRA BRASIL

2012



IV Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil
07 a 10 de agosto de 2012 | Fortaleza - Ceará

ARQUITETURA DE TERRA – UMA TECNOLOGIA ATEMPORAL

Monteiro, Gabriela Pontes; Rocha, Isabel Amalia Medero

¹Estudante do 10º Período – Departamento de Arquitetura, Centro de Tecnologia, UFPB – gabrielapmonteiro@hotmail.com

²Profª Drª - Departamento de Arquitetura, Centro de Tecnologia, UFPB – isabel@portoweb.com.br

Palavras-chave: arquitetura, terra, técnica, processo construtivo.

Resumo

O estudo da arquitetura de terra representa a valorização de vasto patrimônio, sobretudo no resgate do conhecimento técnico-científico presente em soluções vernáculas, adaptadas a diversas realidades físico-climáticas do mundo. Este conhecimento contribui para a concepção de sistemas construtivos alternativos, que atendam as necessidades energético-ambientais da arquitetura e engenharia atual e futura. Para implantar satisfatoriamente as técnicas tradicionais no cotidiano das sociedades modernas e urbanas, é imprescindível conhecer o comportamento da terra de acordo com a técnica aplicada e suas variações na presença de água e agentes externos. Conhecendo a técnica e possibilitando sua adaptação à tecnologia existente, aperfeiçoa-se seu uso garantindo bom desempenho do sistema e maior resistência e durabilidade da construção. O presente trabalho pretende apresentar técnicas tradicionais, adaptadas e melhoradas pela substituição de materiais e elementos construtivos, pelo uso de maquinário mecânico e elétrico, e pela incorporação de sua produção em escala industrial. Investigação esta, recorte da etapa inicial de TFG (Trabalho Final de Graduação) em arquitetura, na UFPB (Universidade Federal da Paraíba), que resultou num projeto arquitetônico detalhado de uma Residência para Artistas em João Pessoa utilizando a técnica dos painéis monolíticos de solo-cimento. No estudo constata-se que variações de nomenclaturas, embora se refiram a técnicas diferentes, correspondem de fato a sistemas construtivos semelhantes com adaptações temporais da tecnologia. O entendimento das características principais de cada técnica e suas classificações possibilitou verificar as técnicas empíricas mais antigas, encontradas principalmente em patrimônios edificados, pouco utilizadas na atualidade, e as mais recentes, geradas a partir da investigação científica e tecnológica com o objetivo de difusão e utilização em novas construções. Na atualidade, estudos e projetos construídos demonstram que a arquitetura de terra é um caminho viável e possível como uma opção no mercado da construção civil.

1. INTRODUÇÃO

A arquitetura de terra enquadra-se num dos mais antigos sistemas construtivos do mundo, com um patrimônio de grande diversidade a ser resguardado, não somente como preservação de exemplares construídos, mas também por meio da difusão do conhecimento científico e empírico presente em suas técnicas.

Atualmente, ressurgiu como uma alternativa que minimiza os crescentes problemas energético-ambientais no setor da construção civil, ao fazer uso de uma matéria-prima renovável e de materiais em menor quantidade da empregada nas construções convencionais.

Instituições e centros de pesquisa no mundo todo vêm estudando os sistemas construtivos com terra em suas diversas modalidades para verificar todas as suas características, suas aplicações, durabilidade e resistência a vários fatores.

Para possibilitar esses avanços, foi necessário levantar as inúmeras técnicas existentes. Como forma de sistematização, o CRATerre (Centro Internacional de Pesquisa e Aplicação da construção com terra) listou essas técnicas e dividiu em grupos de classificação de acordo com sua estrutura: 1. Técnicas que se enquadram no sistema monolítico e portante,

2. Técnicas que usam unidades manufaturadas na construção de alvenarias e 3. Técnicas que usam a terra como enchimento de uma estrutura de suporte feita de outro material.

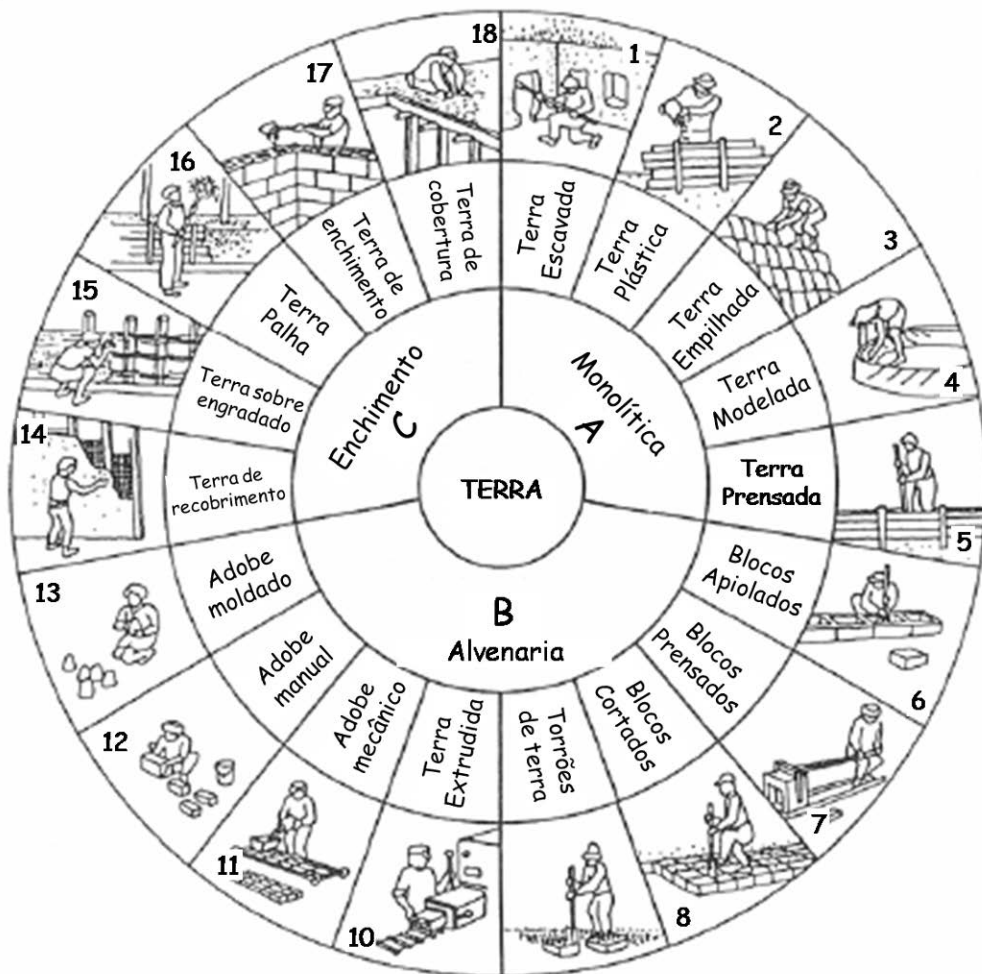


Figura 1. Diagrama do Craterre (Fernandes, 2006). Editado e traduzido pela autora.

Nessa classificação percebe-se que são listadas técnicas manuais, mais antigas e tradicionais, como por exemplo, a terra modelada ou o adobe moldado, e outras mais modernas, que utilizam aditivos, ferramentas e maquinários, como o adobe mecânico ou a terra extrudada.

Pode-se propor um possível percurso de evolução de algumas dessas técnicas, mostrando que se trata, na verdade, de um mesmo sistema construtivo com diferenças em seu processo de manufatura e execução, reconhecidas como adaptações, melhorias e modernização da técnica.

2. EVOLUÇÃO DAS TÉCNICAS DE CONSTRUÇÃO COM TERRA

As melhorias nas técnicas construtivas com terra resumem-se basicamente à estabilização da mistura do material de modo controlado, seja por meios mecânicos, físicos ou químicos. Para garantir o aumento da qualidade do material é preciso melhorar suas propriedades. O modo mais difundido para esse fim está na compactação, na dosagem corrigida dos componentes da terra, e na adição de cimento à mistura. Todos os tipos de estabilização de solo requerem testes, inclusive laboratoriais, pois cada solo possui uma característica

própria com necessidades diferentes para se tornarem viáveis para a construção. Algumas normas (NBR) regulam os ensaios de laboratório, principalmente para a mistura solo + cimento, garantindo precisão e segurança na montagem do traço.

Na compactação, o uso de equipamentos mecânicos, elétricos e pneumáticos, facilita o trabalho e proporciona um controle de qualidade na produção do material quando comparado à compactação manual.

Para mostrar a evolução de antigas técnicas e suas adequações às inovações científicas aponta-se a sequência de sistemas construtivos anteriormente apresentados: monolítico e portante, alvenarias portantes e enchimento de uma estrutura de suporte. No estudo consideraram-se as técnicas mais investigadas e aplicadas no Brasil, incluindo dados e características semelhantes às de técnicas tradicionais, evidenciando a origem desses modelos mais atuais. É importante observar que da técnica mais primitiva encontrada para a mais recente, existem as intermediárias que foram acompanhando a evolução tecnológica, mas que não necessariamente vieram para substituir, pois eram usadas simultaneamente em locais diferentes.

2.1 Monolítica e portante

2.1.1 Terra prensada – Da taipa de pilão aos painéis monolíticos de solo-cimento

Um dos sistemas construtivos mais utilizados na antiguidade, a taipa de pilão era considerada o mais sólido sistema de construção em terra, já que as paredes construídas inteiras, monoliticamente, iam se solidificando progressivamente, com o passar do tempo.

A técnica consiste em compactar terra seca ou úmida, com o uso de um pilão, no interior de fôrmas de madeira chamadas taipais, que são constituídos de duas grandes tábuas de madeira emendadas entre si que são deslocadas na medida em que o trabalho se desenvolve semelhante à cofragem do concreto.

A taipa de pilão serviu como base para a técnica de paredes de painéis monolíticos de solo-cimento, desenvolvida aqui no Brasil pelo Centro de Pesquisas e Desenvolvimento (CEPED), mas também utilizada em outras regiões do mundo. As modificações mais significativas entre essas duas técnicas correspondem ao uso de moldes mais leves e de menores dimensões, o maior controle da compactação e a estabilização da mistura por cimentação, aumentando a resistência das paredes, reduzindo assim sua espessura.

O solo-cimento nada mais é que uma mistura de terra, cimento e água que pode ser empregada para execução de fundações e paredes. Todas as variedades de solos apresentam uma melhoria das propriedades mecânicas quando devidamente misturados com cimento e compactados (Taveira, 1986).

Os sistemas de fôrmas passam a ser mais sofisticados e mais leves, recorrendo a placas e perfis à base de madeira ou metal. A compactação mediante a utilização de pilões elétricos ou pneumáticos reduzem os custos de mão de obra significativamente e apresentam excelente desempenho em termos de produtividade.

Além dessas mudanças, o uso de equipamentos que facilitam e aceleram o trabalho, passam a ser mais utilizados como os destorroadores que dispensam a tarefa de peneiramento dos solos secos com torrões; os misturadores, que possuem uma capacidade de misturar até 400 litros de terra de uma só vez, fazendo uma perfeita homogeneização e controle preciso da adição de água na terra.

Nos painéis monolíticos, a parede é executada com painéis travados verticalmente entre si, moldados no local, com auxílio de guias verticais, moldes e outros acessórios. As guias podem ser removíveis ou fixas que funcionam como um trilho vertical para a subida das fôrmas, uma vez que as paredes são executadas na vertical formando painéis até a altura especificada em projeto (Taveira, 1986).

Trata-se de uma opção completamente viável, possuindo todas as vantagens climático-ambientais que as construções de terra oferecem com um resultado estético bastante agradável, podendo até dispensar o uso de reboco, pois suas paredes ficam lisas, de modo que permitem a aplicação da pintura direta sobre as paredes (figura 2).



Figura 2. Residência Unifamiliar construída em painéis de solo-cimento (Arq. Eduardo Salmar)

2.1.2 Terra empilhada e suas reinvenções

Dentro desta classificação tem-se algumas variantes nas técnicas apresentadas, porém o princípio básico é sempre o mesmo: o empilhamento da terra, normalmente em um estado úmido, por meio de bolas, molhes, ou simplesmente moldando a terra. Nessas técnicas, mesmo havendo diferenças de execução, o resultado é de uma massa monolítica.

A terra modelada, por exemplo, consiste em moldar ou esculpir a terra no seu estado plástico, em fiadas, formando paredes. É caracterizada pelo uso de instrumentos rudimentares e pela mão-de-obra mínima, que resultam em belas formas arquitetônicas extremamente decoradas. Esta técnica está associada principalmente a edifícios de planta circular, comum nas regiões do Equador e no continente africano (Fernandes, 2006).

A técnica em que se empilham em fiadas bolas de terra ou molhes de lama e palha, sendo depois regularizada à superfície, é chamada de terra empilhada. É um sistema tradicional, que foi abandonado na Europa, mas recuperado recentemente no Reino Unido. Apesar das paredes de terra empilhada serem executadas por bolas, ou seja, unidades de terra, o fato de usar o material em um estado mais plástico faz com que as unidades se aglutinem formando ao final um único sólido, por isso se enquadra nessa classificação de estrutura.

A técnica conhecida na Alemanha como *stranglehm*, consiste em confeccionar grandes bisnagas de barro e colocá-las uma sobre a outra, formando as paredes. Nesta técnica já há uma tentativa de melhorar e facilitar a construção por empilhamento de terra.

Minke (2000) realiza experimentos na Universidade de Kassel, Alemanha, utilizando esta técnica e desenvolveu um sistema de confecção das bisnagas de barro, utilizando sacos plásticos tubulares, que as uniformizam, de modo que é possível obter-se um resultado de melhor qualidade estética e maior resistência.

Com esta máquina de procedimento simples é possível confeccionar perfis de barro modeláveis de 8 cm x 16 cm a uma velocidade de 3 metros por minuto. O barro é utilizado sem misturas e para que as camadas superiores não deformem as inferiores, devem ser executadas de 4 a 5 camadas por dia. As fissuras que aparecem precisam de preenchimento e também se fazem necessárias juntas de retração (Minke, 2000).

Há uma grande diversidade de paredes a serem construídas utilizando esta técnica (figura 3), porém estas não podem ser muito grossas devido à retração. Em fechamentos externos, podem ser feitas paredes duplas, podendo ter o seu interior preenchido por outros materiais.

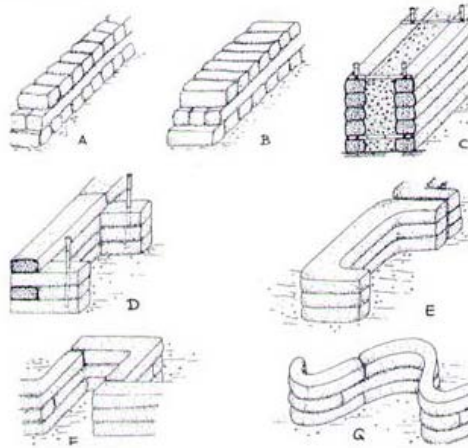


Figura 3. Paredes da técnica *stranglehm*. Disponível em http://www.arq.ufsc.br/arq5661/trabalhos_2004-1/arq_terra/stranglehm.htm

Seguindo este mesmo princípio de empilhamento com bisnagas de barro, foi criada a técnica do superadobe pelo iraniano Nader Khalili na década de 1980. E ela passa a ser difundida, inclusive no Brasil, graças a sua baixa complexidade e requisitos simples para sua execução.

Consiste numa mistura semelhante à utilizada para fabricação dos adobes, que é colocada em sacos individuais ou contínuos, normalmente feitos de polipropileno e postos uns sobre os outros. É uma técnica inspirada nas barreiras de proteção militar construídas pelo empilhamento de sacos de areia, permitindo a construção de domos e arcos (figura 4). As paredes são massivas, resistentes às fortes intempéries e abalos sísmicos, e são rapidamente erguidas.



Figura 4. Construção em superadobe. Disponível em <http://www.busyboo.com/2008/10/13/superadobe-earth-home/>

Esta é uma mistura de técnicas de empilhamento e de compactação devido o uso dos sacos como fôrmas, que garantem melhor o prumo e a fixação entre as fiadas, melhorando as propriedades e dando mais resistência a essas construções.

O superadobe aceita acabamentos como chapisco, emboço, reboco e pintura, mas para isso deve-se retirar a camada de plástico, que no caso serve apenas como fôrma, pois degrada-se naturalmente.

Esta é sem dúvida a técnica por empilhamento mais atual, que aplicou conhecimento e tecnologia simples em seu desenvolvimento de modo a melhorar o resultado da construção por empilhamento de terra. A evolução principal é o uso da terra seca no lugar da plástica, diminuindo assim as chances de retração e rachaduras do barro, além de ter a terra compactada na execução e não apenas sobreposta, melhorando assim as propriedades e a resistência do material.

2.2 Alvenaria portante

2.2.1 Dos adobes manuais à industrialização

A técnica do adobe, de modo geral, consiste em moldar a terra em fôrmas, ou, no caso do manual, moldar apenas com as mãos, mas diferentemente das bolas de terra empilhada, as unidades do adobe são secas antes de serem aplicadas à construção. O bloco de terra é seco naturalmente à sombra ou ao sol, dependendo das especificações da técnica. A mistura pode ser feita apenas com água e terra ou com o acréscimo de estabilizante e fibras naturais. São usados em paredes, abóbadas, cúpulas, entre outras.

As próprias denominações das técnicas de adobe: *adobe manual*, *adobe modelado*, *adobe mecânico* já evidenciam o uso de moldes e maquinário em suas versões. Porém, não necessariamente significa que um é a evolução do outro, como Doat (1985: 106-7) apud Fernandes (2006) coloca, “sem afirmar que o adobe terá evoluído de manual para moldado, o que hoje se sabe em termos de arqueologia é que ambas as técnicas persistiram ao longo da história ao mesmo tempo em regiões diferentes do globo”.

As variações da técnica podem ser exemplificadas pelos *blocos apilados*, que têm sua mistura comprimida por um pequeno maço, e pelos *blocos de terra-palha*, em que é adicionado palha (ou outro cereal) na mistura da terra, resultando em blocos leves usados para vedação, promovendo um ótimo isolamento térmico e acústico.

De toda forma, o conhecimento contido nas variadas técnicas de adobe, que se utilizam do mesmo princípio construtivo, serviram de base para a criação do que atualmente se chama de BTC (bloco de terra comprimida) e também no desenvolvimento dos tijolos de terra produzidos industrialmente, chamado de terra extrudida.

Os blocos comprimidos surgiram como evolução do adobe pela estabilização do solo por cimentação e pelo uso de uma prensa mecânica em sua produção. A primeira prensa foi desenvolvida na Colômbia em meados dos anos cinquenta do século XX, permitindo assim a rápida produção de material para programas de construção habitacional.

Esta prensagem do BTC é realizada através de uma prensa acionada de forma manual, pela força humana, permitindo realizar diversos tipos de blocos, maciços ou perfurados, e pequenas placas de revestimento. Existe também a compactação em prensa hidráulica, aumentando substancialmente as resistências mecânicas e ao contato com a água, uma vez que o ajuste entre as partículas é mais coeso.

A forma de construir com o BTC é semelhante ao tijolo comum, porém este bloco possui encaixes que permite o assentamento com menor uso de argamassa e dispensando-a nas juntas verticais.

O BTC é nos dias de hoje uma das técnicas de construção em terra com maior sucesso, pela facilidade de produção e pelas vantagens em termos de secagem rápida e resistência mecânica, assim como pela semelhança da execução com os tijolos cerâmicos convencionais.

É utilizado na África, na Europa, na Ásia e também na América Central e do Sul e representa uma das tecnologias construtivas ecológicas mais difundidas no Brasil, também conhecido como tijolo ecológico, devido à reduzida utilização de cimento e por dispensar a queima de tijolos.

Já a terra extrudida é proveniente da adaptação da indústria cerâmica de tijolo à produção de blocos em terra no seu estado seco/plástico. A vantagem é que utiliza sistemas de produção modernos e mecanizados, mas sem os custos adicionais do forno já que os blocos são secos naturalmente, permitindo um material mais homogêneo e controlável produzido em larga escala e com uma diversidade de formas nos produtos finais.

Em alguns países da Europa, como a Escócia e a Alemanha, recentemente entraram no mercado produtos de argila não cozida, fabricados por extrusão com um processo de fabrico idêntico aos produtos de argila cozida, mas sem secagem por cozimento a altas temperaturas. Entre estes produtos, encontram-se além dos tijolos, placas para revestimento de paredes, e blocos e placas para laje pré-moldada, podendo ser peças perfuradas ou maciças.

Esta adaptação à fabricação industrial foi o meio encontrado até agora para os materiais de terra ter melhores condições de competir com os outros produtos industrializados no mercado da construção civil. Mesmo que nessas soluções se utilize mais energia em sua produção, ainda assim o tijolo de terra se caracteriza como um material renovável e limpo.

2.3 Enchimento de uma estrutura de suporte

2.3.1 Pau a pique e suas evoluções

Também conhecida como taipa de mão, o pau a pique caracteriza a típica casa brasileira por misturar materiais e sistemas utilizados pelos índios (as tramas vegetais) e pelos portugueses e africanos (a aplicação da terra), resultando no preenchimento com barro e fibra de uma estrutura em trama de madeira ou bambu, amarrada geralmente com cipó.

Depois de erguida a estrutura, o taapeiro escolhe onde irá colocar as portas e as janelas e faz aberturas com serrote, colocando um "caixão" nos vãos criados. Então, antes de aplicar o barro sobre a estrutura criada, coloca-se o telhado para garantir que possa manejar sua casa protegido de chuva, deixando um beiral de 50 cm a 1 m.

É recomendado que a fundação seja de tijolo ou pedra e que suba pelo menos a 30 cm do solo para evitar umidade. Peças de madeiras bem dimensionadas permitem a construção de um segundo pavimento.

A evolução que está acontecendo na forma de construir a taipa-de-mão é a substituição da trama de madeira por uma estrutura metálica. Principalmente em países da América Latina têm surgido construções utilizando esta variação, que nada mais é do que uma terra armada (figura 5) onde a malha metálica é preenchida com barro através de equipamento apropriado para a projeção do material. Equipamento este que é o mesmo usado para o concreto projetado em lajes e paredes, e tem sido usado para aplicar terra nesta e em outras técnicas, principalmente as de revestimento.

Esta técnica amplia as possibilidades da construção por enchimento de uma estrutura de suporte, porque o uso do ferro ou aço é claramente mais flexível do que a madeira, além de garantir uma maior resistência para a edificação, tanto pela resistência mecânica propriamente dita quanto pela resistência ao apodrecimento e suscetibilidade a alguns insetos que a madeira apresenta.

Outra mudança que melhora muito a estrutura é justamente a projeção da terra no lugar do preenchimento manual, que garante a uniformidade e uma maior aderência do material pela pressão que o equipamento dá à terra aplicada.



Figura 5. Construção em tecnobarro do arquiteto Marcelo Cortés. Disponível em < http://www.marcelocortes.cl/movies/proyec/batuc/constr_03.htm>

Em alguns casos, se utiliza a palha no interior da estrutura e se aplica a terra para preencher os vazios, dando mais solidez às paredes, e também como revestimento. O barro metálico pode ser revolucionário, pois expande a edificação de terra para formas diferenciadas, permitindo uma maior ousadia no projeto arquitetônico.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Destaca-se a importância de efetuar estudos dessa natureza nos cursos de arquitetura, aprofundando seu potencial em aplicações projetuais como foi o trabalho de TFG que gerou este artigo. O estudo das evoluções tecnológicas das técnicas com terra deu suporte a escolha do sistema construtivo aplicado no projeto final, atualmente em processo de finalização (figura 6) por Gabriela Pontes, com orientação de Isabel Medero Rocha



Figura 6. Perspectiva do projeto de TFG em desenvolvimento, que utiliza a técnica dos painéis monolíticos de solo-cimento.

O desenvolvimento da ciência e tecnologia atrelado ao modo de construir presente nos sistemas construtivos de terra trata-se, na realidade, de um processo de legitimação dos conhecimentos populares e tradicionais.

Técnicas novas são necessárias, mas é preciso conservar as antigas, valorizando formas de construir que melhor se adaptam às exigências do clima, do meio e dos modos de vida. “Não se pode conservar tudo, porque a vida evolui, mas é preciso adaptar e aperfeiçoar os conhecimentos” (Dethier, 1982).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Dethier, J. (1982). *Arquitetura de terra ou o futuro de uma tradição milenar*. Rio de Janeiro: Avenir.

Fernandes, M. C. L. A. (2006). Técnicas de construção em terra. In. *Terra: Forma de Construir. Arquitectura. Antropologia. Arqueologia*. 10ª Mesa Redonda de Primavera. Lisboa.

Minke, G. (2000). *Earth construction handbook – The building material earth in modern architecture*. WIT Press, Southampton, UK.

Taveira, E. S. N. (1986). *Construir morar habitar: O Solo-cimento no campo e na cidade*. São Paulo: Editora Ícone.

AUTORES

Gabriela Pontes Monteiro, Estudante do 10º Período do Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal da Paraíba.

Isabel Amalia Medero Rocha Profª Drª do Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal da Paraíba.

TerraBrasil 2012 teve como tema principal **cultura popular e conhecimento científico.**

Buscou reunir profissionais, pesquisadores, estudantes e interessados na arquitetura e construção com terra, sendo aberta a participação de todos interessados no tema, independente de sua área de conhecimento. Foram objetos do evento tanto as antigas e históricas construções com terra, como as contemporâneas. Tanto abordagens específicas e disciplinares, ancoradas nas mais diversas áreas do conhecimento, como a antropologia, pedagogia, engenharia e arquitetura, com abordagens que buscam tratar o tema de forma multidisciplinar, interdisciplinar ou transdisciplinar.

Foram apresentados 43 trabalhos, distribuídos pelos seguintes temas:

- 1) *Materiais e técnicas de construção;*
- 2) *História, conservação e patrimônio;*
- 3) *Arquitetura contemporânea;*
- 4) *Ensino, formação, capacitação e transferência de tecnologia; e,*
- 5) *Sustentabilidade da construção com terra.*