

TerraBrasil2022

Anais



Editores:

Célia Neves

Obede Borges Faria

Leonardo Maia

VIII Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil "Habitar a Terra"

Florianópolis-SC

1 a 4 de fevereiro de 2022



TerraBrasil 2022
VIII Congresso de Arquitetura
e Construção com Terra no Brasil
"Habitar a Terra"

Anais

UFSC- Universidade Federal de Santa Catarina - Campus de Florianópolis

Reitor: Prof. Dr. Ubaldo Cesar Balthazar

Vice-reitora: Profa. Dra. Alacoque Lorenzini Erdmann

CTC - Centro Tecnológico

Diretor: Prof. Dr. Edson Roberto de Pieri

Vice-diretor: Prof. Dr. Sérgio Peters

ARQ - Departamento de Arquitetura e Urbanismo

Chefe: Prof. Dr. Ricardo Socas Wiese

Sub-Chefe: Profa. M.Sc. Leticia Mattana

Rede TerraBrasil

Coordenadora (2021-2023): Profa. Dra. Jaqueline Leite Ribeiro do Vale

Conselho Consultivo (2020-2022)

Arq. Dr. Marco Antônio Penido de Rezende

Arq. Dra. Rosana Soares Bertocco Parisi

Arq. M.Sc. Sumara Alessandra Silva Lisbôa

Editores dos anais

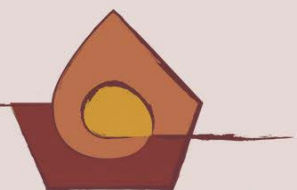
Eng^a M. Sc. Célia Neves

Prof. Dr. Obede Borges Faria

Prof. M. Sc. Leonardo Maia

TERRABRASIL 2022

HABITAR A TERRA



ORGANIZAÇÃO DO EVENTO

Coordenação Geral

Dra. Cecília Heidrich Prompt	Arquiteta e Urbanista Rede TerraBrasil – Brasil (Coordenador geral do evento)
Profa. Dra. Jaqueline Leite Ribeiro do Vale	Arquiteta e Urbanista Rede TerraBrasil – Brasil
Prof. Dr. Ricardo Socas Wiese	Arquiteto e Urbanista Chefe de Departamento CTC / UFSC - Brasil
M. Sc. Sumara Lisbôa	Arquiteta e Urbanista Rede TerraBrasil – Brasil

Comissão Organizadora Local

Alexandre Oliveira Vitor	Engenheiro Civil
Beatriz Cristina Horongoso	Arquiteta e Urbanista
M. Sc. Carolina Rodrigues Dal Soglio	Arquiteta e Urbanista
Daniela Tatsch Baptista	Arquiteta e Urbanista
Gabriel Sappino Sala	Arquiteto e Urbanista
Julia Wilke Laureano	Arquiteta e Urbanista
Leila Paschoalotto	Arquiteta e Urbanista
Renata Vieira Kock	Engenheira Civil
M. Sc. Viviane Santi Martins	Arquiteta e Urbanista

Apoio Local

Mildred Gustak Delambre	Arquiteta e Urbanista
Viglio Schneider	Permacultor

Comitê Científico

M. Sc. Enga. Célia Neves	PROTERRA/Rede TerraBrasil – Brasil (Coordenadora)
Profa. Dra. Arqa. Ana Lígia Paspst de Abreu	IFSC
Profa. Dra. Enga. Ana Paula Milani	UFMS – Brasil
Prof. Dr. Quim. Andrea Cavicchioli	EACH/USP - Brasil
Profa. Dra. Arqa. Andrea Naguissa Yuba	UFMS – Brasil
Profa. M. Sc. Arq. Bianca dos Santos Joaquim	IAU / USP - Brasil
Profa. Dra. Arqa. Eunice Bomfim Rocha	UFRJ – Brasil
Prof. Dr. Arq. Gabriel Rodrigues da Cunha	UNILA – Brasil
Profa. Dra. Enga. Lisiane Ilha Librelotto	UFSC – Brasil
Prof. Dr. Arq. Marco Antônio Penido de Rezende	UFMG – Brasil
Profa. Dra. Arqa. Maria Virgínia Peixoto	PUC Minas – Brasil
Profa. Dra. Hist. Milena Fernandes Maranhão	CEUNSP e UNIANCHIETA – Brasil
Profa. M. Sc. Arq. Natália Lélis	UFOP/PCH – Brasil
Prof. Dr. Eng. Obede Borges Faria	UNESP/PPGARQ/FEB – Brasil
Profa. M. Sc. Arqa. Patrícia de Freitas Nerbas	Unisinos – Brasil
Profa. M. Sc. Arqa. Sandra Selma Barbosa Saraiva	UFPI – Brasil
Profa. Dra. Eng. Sofia Araújo Lima Bessa	UFMG – Brasil

Comissão de Exposição (Projetos & Obras, Pôsteres)

<i>Prof. MSc. Arq. Leonardo Maia</i>	Universidade Tiradentes / RTB – Brasil (Coordenador)
<i>Prof. MSc. Arq. André Falleiros Heise</i>	Universidade São Francisco / RTB – Brasil
<i>Prof. M. Sc. Arq. Fernando Cesar Negrini Minto</i>	Univers. Santa Úrsula / RTB – Brasil
<i>Arq. Michel Habib Ghattas</i>	Mhbioarquitetura / RTB – Brasil
<i>Profa. Dra. Arq. Nauíra Zanardo Zanin</i>	Universidade Federal da Fronteira Sul – Brasil
<i>MSc. Arq. Rafael Torres Maia</i>	TOAR Arquitetura – Brasil
<i>Prof. MSc. Arq. Sérgio Parizotto Filho</i>	Instituto Federal de Santa Catarina /RTB – Brasil

Instituições Organizadoras



Apoio Institucional



Patrocínios



TerraBrasil 2022
VIII Congresso de Arquitetura
e Construção com Terra no Brasil
"Habitar a Terra"

Anais

Célia Neves
Obede Borges Faria
Leonardo Maia
(Editores)

Rede TerraBrasil / UFSC

Florianópolis - SC
2022

720 Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil (8.
C759 : 2022 : Florianópolis, SC).
Anais [recurso eletrônico] do 8º Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil, realizado em Florianópolis, no ano de 2022 ; editado por Célia Neves, Obede Borges Faria e Leonardo Maia. -- Florianópolis : TerraBrasil/UFSC, 2022
453 p.
ISSN 2178-1729
1. Arquitetura e construção com terra. 2. Técnicas construtivas. I. Neves, Célia. II. Faria, Obede Borges. III. Maia, Leonardo. IV. Título.

Ficha catalográfica original elaborada por: Maristela Brichi Cintra CRB/8 5046

Os critérios e opiniões expressos nos artigos destes anais são de exclusiva responsabilidade de cada um de seus autores.

Sugestão para fazer referência a estes anais

a) Anais como um todo:

Neves, C.; Faria, O. B.; Maia, L. (Eds.) (2022). TerraBrasil 2022 - Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil, 8., 2022, Florianópolis. *Anais [...]*. Florianópolis: TerraBrasil: UFSC. 453 p.

b) Artigo específico (um exemplo):

Huashuayo, D.; Cornelio, L.; Zelaya, M.; Landa, M. T. M. (2022). Enlucidos con *Echinopsis pachanoi* en muros de quincha y su comportamiento térmico. *In: TerraBrasil 2022 - Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil, 8., 2022, Florianópolis. Anais [...]*. Florianópolis: TerraBrasil: UFSC, p. 176-182.

Diagramação e capas: Obede Borges Faria

Foto da capa e contra-capas: detalhe editado de foto de Fernando Teixeira, apresentada no formato original à página 15.

Sumário

APRESENTAÇÃO	12
Breve histórico da Rede TerraBrasil - RTB	12
Antecedentes dos eventos TerraBrasil	13
O TerraBrasil 2022	15
ATIVIDADES PRÉVIAS AO EVENTO	16
Web-Seminários <i>Terra em Debate - Ted</i>	16
Concurso de arte gráfica para camisetas do evento	22
ANEXO A - Concurso de arte gráfica para camisetas - Edital para participação	444
Concurso de arte gráfica para pintura mural com terra	24
ANEXO B - Concurso de arte gráfica para mural - Edital para participação	449
OFICINAS	25
PROGRAMA GERAL DO EVENTO	32
PALESTRAS	34
MESAS REDONDAS	36
Tema 1	
MATERIAIS E TÉCNICAS CONSTRUTIVAS	38
Artigos Científicos	
Construção com terra e suas perspectivas de pesquisa	39
Mychelly Katllyn Dias, Guilherme Prado Alves, Daniele Ornaghi Sant'Anna	
Caracterização físico-mecânica de solo-cimento oriundo do município de São Carlos (SC)	50
Anderson Renato V. Wolenski, Allan Guimarães Borçato, Caroline Leal Faccin, Mateus H. Kipper	
Caracterização de solo para taipa de pilão e paredes monolíticas de solo-cimento em Foz do Iguaçu	59
Gabriel Cunha, Jéssica Machado Seolin	
Análise mecânica de solo estabilizado com sedimento da Barragem de Fundão	70
Gabriela T. L. Lage, Isabela K. Mendonça, Júlia A. W. Nogueira; Sofia A. L. Bessa	
Análise da estabilização de solos com cimentos brasileiros para a produção da taipa de pilão	81
Isabela Karoline Mendonça, Gabriela T. L. Lage, Júlia A. W. Nogueira, Sofia Araújo Lima Bessa	
Região Sertão do Nordeste do Brasil: análise de solos e técnicas de construção com terra	89
Darlan R. de Lima, Sofia A. Lima Bessa	

Índices normativos para adobe: uma análise aplicada aos solos tropicais brasileiros Jaqueline Leite Ribeiro do Vale, Marco Antônio Penido de Rezende	99
Estudo da resistência mecânica do adobe com adição de piaçava Beatriz Thainara Pidde dos Santos, Andrêssa Gomes Nogueira, Jéssica Azevedo Coelho	110
Comportamento físico-mecânico de alvenaria de tijolos de solo-cimento autoadensado Isabella Vitória Oliveira Fonseca, Ana Paula da Silva Milani	122
Consistência e fissuração em revestimento argamassado de solo com adição de fibra de poliéster Natalia Arissa Fujita, Augusto Montor de Freitas Luiz, Sarah Honorato Lopes da Silva	132
A técnica de aplicação da argamassa de solo-cimento e sua influência no revestimento de construções com terra Lucas Machado Bergamaschi, Ana Paula da Silva Milani	144
Saberes da Terra: testes expeditos, utilização estabilização da terra na arquitetura Mateus de Carvalho Martins, Lucas Faria de Andrade	152
A pintura com tinta de terra nas comunidades rurais de Jeceaba, Minas Gerais, Brasil Mateus de Carvalho Martins, Mateus Felipe Rocha Maia	164
Informes Técnicos	
Enlucidos con <i>Echinopsis pachanoi</i> en muros de quincha y su comportamiento térmico Dario Huashuayo, Lesly Cornelio, Miguel Zelaya, María Teresa Méndez Landa	176
Avaliação do comportamento térmico de forros de HIS produzidas com adobe no Ceará Rafael Costa da Silva, Levi Teixeira Pinheiro, Bárbara Rangel Carvalho	183
Tema 2	
PATRIMÔNIO, DOCUMENTAÇÃO, CONSERVAÇÃO E RESTAURO	196
Artigos Científicos	
Cronologia da destruição: em busca das casas de taipa de mão da Ilha Mem de Sá em Sergipe Dayane Felix Andrade, Pedro Murilo Gonçalves de Freitas	197
Casa-Grande da Fazenda Cachoeira do Taepe: patrimônio cultural brasileiro a restaurar Carmen Lucia Muraro, Ulisses Pernambucano de Melo Neto	209
Arquitetura com terra em Sergipe: do apogeu do açúcar até metade do século XIX Leonardo Ribeiro Maia, Steffany do Nascimento Costa, Vanessa Andrade Bispo	223

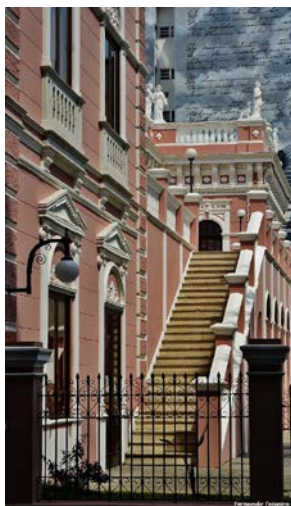
Arquitetura de terra nas regiões afetadas pelo rompimento da Barragem de Fundão	232
Gabriela T. L. Lage, Júlia A. W. Nogueira, Saulo H. M. Saraiva, Sofia A. L. Bessa	
Informe Técnico	
Arquitetura e construção com terra vernácula no Brasil	245
Marco Antônio Penido de Rezende	
Tema 3	
ARQUITETURA CONTEMPORÂNEA	252
Artigos Científicos	
As normas da arquitetura e construção terra e seus agentes promotores	253
Beatriz de Moraes Vieira; Janine Ariane do Nascimento Ramalho	
Kalunga: a resignificação do quilombo para a cidade de Montenegro, Rio Grande do Sul	263
Patrícia de Freitas Nerbas, Thomaz Amaral Grudginski	
Informes Técnicos	
Situación actual de la construcción con tierra en Guatemala basada en el Censo Nacional 2018	275
Edgar Virgilio Ayala Zapata, Francisco Javier Quiñónez de la Cruz, Saulo Moisés Méndez Garza	
Instituto Ecoterm® Modular: desenvolvimento tecnológico cooperado de terra comprimida	288
Thiago G. C. Martoni, Sabrina Aparecida Nascimento	
Panorama da arquitetura e construção com terra no Ceará	298
Pedro Peixe, Herbeson Mikson Santos, Levi Teixeira Pinheiro, Letícia Grappi, Sumara Lisbôa	
Panorama dos profissionais da arquitetura e construção com terra na Região Sul do Brasil	307
Cecília Prompt, Sumara Lisbôa	
Tema 4	
ENSINO, CAPACITAÇÃO E TRANSFERÊNCIA TECNOLÓGICA	319
Artigo Científico	
Arquivo template Autodesk Revit® para ensino do sistema construtivo de blocos de terra comprimida	320
Sergio Parizotto Filho	
Informes Técnicos	
Capacitação com adobe em comunidade indígena, aldeia Tukum Tupinambá, Olivença, Ilhéus. Bahia	329
Maria Inês Marques da Cunha	

Capacitação de indígenas Awá-Guajá e Guajajara nas terras indígenas Caru e Rio Pindaré	335
Michel Habib Ghattas, Barbara Aparecida da Silva Francisco	
A cura através da terra: o caso do Projeto Terra Cura e o 1º curso de bioconstrução em Rondônia	347
Regina Célia Gonçalves Morão, Bruno Thiago Paz de Lima Alves	
PROJETOS & OBRAS	357
Casa Devica	358
Gabriele Martins, James T. Schmitt e Paulina Engle	
Bioconstrução Morro do Baú	367
Beatriz Cristina Horongoso	
Casa Teffé: Reforma de residência unifamiliar com taipa de pilão	376
Gisele Elisa Steenbock, Sérgio Fernando Tavares	
Adobe, técnica milenar e inovadora!	386
TIBÁ Arquitetos, Michel Ghattas, Barbara Francisco	
Casa Bambuzal	397
Lucas Sabino Dias	
Creche-escola CIAC - Centro Integrado de Ações Comunitárias	408
Ana Paula Paluszkiwicz, Diego Carlos Batista Sousa, Gustavo Orcilio Vaceli dos Santos	
Casa Canafistula: Residência unifamiliar	417
Leila Paschoalloto, Luan Schafer	
Casa Kanowna: Residência unifamiliar	427
Rodrigo Amaral Rocha	
PÔSTERES	437
Escola Viva de Permacultura	438
Cássio Alexandre Bariviera	
Design permacultural da Ecovila Pé-No-Chão em Indaial (SC)	439
Beatriz Cristina Horongoso; Guido Paulo Kaestner Neto	
Escola montessoriana de taipa de pilão	440
Carolina Salzano Rocha, Maria Alice Corrêa de Oliveira, Olavo Avalone	
Otras formas de transferencia tecnológica en tiempos de pandemia	441
Andrea Jaramillo Benavides, Lucía Esperanza Garzón	

Obs.: A autoria das ilustrações sem créditos é dos autores dos respectivos textos nas quais estão inseridas.



Museu Histórico de SC, no Palácio Cruz e Souza, em Florianópolis. Detalhe do exterior e de parede interna de pau a pique (Fotos: Fernando Teixeira)



Igreja Nossa Senhora da Lapa, Ribeirão da Ilha, Florianópolis, com teto de estuque (Foto: Fernando Teixeira)



Casas de influência açoriana, com paredes internas de pau a pique, no bairro Ribeirão da Ilha, Florianópolis (Fotos: Fernando Teixeira)



Breve histórico da Rede TerraBrasil - RTB

A origem de TerraBrasil 2006 decorreu de uma situação inusitada: em **outubro de 2005**, em *Monsaraz* (Portugal), foi realizado o IV Seminário Ibero-americano de Arquitetura e Construção com Terra (**IV SIACOT**) juntamente com o III Seminário *Arquitectura de Terra em Portugal* (II ATP). Durante o evento, a Arq. Mariana Correia, da *Escola Superior Gallaecia (ESG)*, uma das instituições organizadoras, convidou os brasileiros presentes, membros da Rede Ibero-Americana de Arquitetura e Construção com Terra (**PROTERRA**), a promoverem o próximo ATP no Brasil. O tentador convite, que gerou muitas ideias e propostas estimulantes, coincidia com a necessidade de congregar e divulgar inúmeras pesquisas e realizações brasileiras sobre a arquitetura e construção com terra, que estavam acontecendo e acumulando ao longo do tempo. O desafio foi aceito pelos brasileiros presentes, decidindo-se pela realização do evento em Ouro Preto (MG), simbolicamente considerada como uma das cidades brasileiras mais portuguesas, além de representar a oportunidade de muitos brasileiros e estrangeiros a desfrutarem este legado.

Promovido e organizado por PROTERRA, ESG, Universidade Federal de Minas Gerais, Universidade Federal de Ouro Preto, Pontifícia Universidade Católica de Minas Poços de Caldas, Fundação Convento da Orada e Centro da Terra, e, sob a coordenação geral de Célia Neves (CEPED/UNEB-PROTERRA), Marco Antônio Penido de Rezende (EA/UFGM-PROTERRA) e Mariana Correa (ESG-FCO-PROTERRA), foram realizados, em conjunto, o *IV Seminário Arquitectura de Terra em Portugal* e o *I Seminário de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil*, denominados **TerraBrasil 2006**.

As atividades preliminares para iniciar a RTB foram a elaboração do **Estatuto** e a implantação de uma lista de comunicação digital para o contato entre seus membros. A lista de comunicação foi criada por Ana Cristina Villaça, no início do mês de **dezembro de 2006**, com o ingresso imediato de Célia Neves, Raymundo Rodrigues e Fernando Minto, que foram responsáveis pela elaboração do Estatuto, finalizado em **21 de agosto de 2007**, considerada a data oficial de criação da RTB.

A coordenação inicial ficou a cargo de Célia Neves, cuja primeira atividade foi convocar todos interessados declarados em TerraBrasil 2006 para participar da nova rede brasileira sobre arquitetura e construção com terra. Em paralelo, prosseguiram as providências para a realização do TerraBrasil 2008, que aconteceu em São Luis do Maranhão (**de 3 a 8 de novembro de 2008**), já identificado como **Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil – TerraBrasil**, ocorrendo em conjunto com o **VII SIACOT**.

Atividade contínua e relevante desde o início da RTB, este congresso bianual mobiliza um significativo número de participantes e é um eficiente instrumento de difusão da arquitetura e construção com terra.

Além dos eventos bianuais, aproveitando o estímulo gerado pela revisão das normas técnicas para tijolos e blocos de solo-cimento, a RTB inicia,

em **2012**, um movimento para elaboração de normas técnicas para legalização do uso da terra como material de construção, o que proporciona o respaldo técnico para o produtor e usuário, além de permitir o emprego das técnicas de construção com terra em programas de produção de habitação de interesse social e de processos de financiamento de edificações. Nesta época, decidiu-se elaborar a norma para adobe como a primeira atividade da RTB neste âmbito.

Depois de preparar entre os membros da RTB o texto base da referida norma e da criação da Comissão de Estudo (CE) de construção com terra na Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), foram realizadas as reuniões de discussão e aprovação do texto e, em **23 de janeiro de 2020**, foi publicada a norma *ABNT NBR 16814 Adobe – Requisitos e métodos de ensaio*.

A necessidade de isolamento social no ano de **2020** exigiu criatividade e inovações em todos os setores e atividades. Para a RTB, foi o momento de reestruturar o site e mídias sociais (**Facebook** e **Instagram**), além de criar o canal **Youtube**. Além destes canais contínuos de comunicação, aproveitando o avanço da tecnologia de informação (TI), a RTB tem programado webconferências, denominadas **Terra em Debate**, com participação de seus membros sobre temas relacionados com a arquitetura e construção com terra. Estes eventos são gravados e posteriormente disponibilizados no canal *Youtube*.

M Sc. Célia Neves

Coordenadora da RTB 2007-2013

(Texto elaborado para a página da RTB)

Antecedentes dos eventos TerraBrasil

As principais características dos eventos **TerraBrasil** são:

- a)** Reunir trabalhos acadêmicos (*artigos científicos e informes técnicos*) e trabalhos técnico-profissionais (*projetos e obras*), para possibilitar o diálogo e a aproximação entre diferentes atores;
- b)** Realizar oficinas de sensibilização, nos dois dias anteriores às seções técnicas, para possibilitar intercâmbio de experiências e um primeiro contato dos iniciantes com as principais técnicas de construção com terra; e,
- c)** Favorecer e estimular a participação de qualquer profissional envolvido ou interessado no tema arquitetura e construção com terra.

Os eventos **TerraBrasil** iniciaram-se no ano de 2006 (entre 4 e 8 de novembro), na cidade histórica de Ouro Preto - MG, quando ocorreu o **TerraBrasil 2006 - I Seminário Arquitetura e Construção com Terra no Brasil** juntamente com o **IV ATP - Seminário Arquitetura de Terra em Portugal**. Na ocasião, em resposta à política da Rede Ibero-Americana de Arquitetura e Construção com Terra - PROTERRA (www.redproterra.org) de incentivo à criação de redes locais (nacionais) e devido ao sucesso do evento, foi criada a Rede TerraBrasil, agregando estudantes, profissionais, pesquisadores e demais interessados em fomentar o desenvolvimento da arquitetura e construção com terra no

país. Também se deliberou pela realização dos eventos TerraBrasil a cada dois anos.

A segunda edição do evento, **TerraBrasil 2008**, já com seu nome atual *Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil* foi realizada em São Luiz - MA, juntamente com o VII SIACOT - *Seminário Ibero-Americano de Construção com Terra*, este um evento anual da Rede PROTERRA.

A partir de 2010, quando foi realizado o "**TerraBrasil 2010** - III Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil", na cidade de Campo Grande - MS, o evento desvinculou-se de outros eventos internacionais, porém, continuou contando com participantes de outros países, notadamente da Argentina, Austrália, Colômbia, Peru e Paraguai, além do Brasil.

Em 2012 realizou-se o **TerraBrasil 2012** - IV Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil na cidade de Fortaleza - CE, quando foi instituída uma comissão para discussão de uma proposta de norma brasileira para alvenaria de adobes, a ser encaminhada à ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). Após um longo processo, em 23/01/2020 a ABNT publicou a norma **ABNT NBR 16814:2020 - Adobe - Requisitos e métodos de ensaio**.¹

O **TerraBrasil 2014** - V Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil foi realizado na cidade de Viçosa - MG, contando com o maior número de participantes até o momento, além da realização de grande diversidade de oficinas, aproveitando-se a variedade de solos disponíveis na região.

O **TerraBrasil 2016** - VI Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil, realizado em Bauru-SP, foi um evento de vários desafios: inegavelmente o país passava por uma séria crise política e financeira; 2016 foi um ano com muitos eventos internacionais sobre o tema; e, na região de Bauru predomina um único tipo de solo, extremamente arenoso e limitante para a maioria das técnicas de construção com terra. Se nas adversidades estão as maiores oportunidades de aprendizado e crescimento, o TerraBrasil 2016 seguramente foi uma oportunidade ímpar. Realizar o evento em uma universidade pública (UNESP) na qual são ofertados cursos de graduação e de pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Engenharia Civil e Ambiental, tornou-se uma excelente oportunidade para sensibilizar a comunidade acadêmica para a importância da incorporação do tema da arquitetura e construção com terra em seus currículos regulares, não somente por sua adequação atual como material sustentável, mas pelo resgate de culturas construtivas de grande importância à história do país.

Prof. Dr. Obede Borges Faria
DEC/FEB e PPGARQ/UNESP-Bauru

¹ Para discussão do projeto de norma para adobes foi criada uma Comissão de Estudo (CE-002:123.009-001 Construções com Terra), junto ao Comitê Brasileiro da Construção Civil da ABNT (ABNT-CB-02). Após publicação da norma para adobe, a RTB encaminhou à ABNT uma proposta de texto base para norma de taipa, cujas discussões ocorreram no âmbito da mesma CE, em reuniões entre 20/8/2020 e 6/7/2021. Após Consulta Nacional, em 6/1/2022 a ABNT publicou a **NBR 17014:2022 - Taipa de pilão - Requisitos, procedimentos e controle**.

O **TerraBrasil 2018** - VII Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil, realizado na cidade do Rio de Janeiro de 30 de outubro a 2 de novembro, experimentou um novo formato - proposto por um grupo de trabalho integrado por membros da TerraBrasil em parceria com a comissão organizadora local - com o objetivo de criar mais espaços de debate em torno do tema da arquitetura e construção com terra no Brasil.

Prof. Dr. Fernando de Paula Cardoso

IFMG - Ouro Preto / Coordenador da RTB 2017-2019

O TerraBrasil 2022

Como a pandemia de Covid-19 impossibilitou a realização do evento TerraBrasil em 2020, o evento foi adiado para o próximo ano par, tornando-se o TerraBrasil 2022.

O **TerraBrasil 2022** - VIII Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil, ocorreu entre os dias **1 e 4 de fevereiro de 2022**, pela **primeira vez na Região Sul do Brasil**, na cidade de Florianópolis - SC, no Campus da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC.

A Região Sul apresenta ampla ocorrência de exemplos de arquitetura e construção com terra, com manifestações históricas de técnicas como a terra escavada, ranchos de torrão de leiva e abrigos indígenas tradicionais. Além do mais, é uma região com ampla atuação de movimentos sociais rurais que vêm adotando o uso da terra como material de construção como forma de resistência e pela busca da sustentabilidade. A arquitetura contemporânea também ocorre amplamente e de forma crescente, sendo necessária sua visibilidade no cenário nacional.

O tema escolhido para conduzir o evento é



Casas de influência açoriana, com paredes internas de pau a pique, no bairro Ribeirão da Ilha, Florianópolis (Fotos: Fernando Teixeira)

“Habitar a Terra”, que faz referência à ocupação humana no planeta, em todas as suas manifestações e necessidades atuais.

Em diferentes regiões, momentos históricos e contextos sociais, a terra enquanto material de construção permite que os seres humanos abriguem-se e manifestem-se culturalmente através de sua arquitetura.

Assim sendo, o TerraBrasil 2022 evidencia a necessidade de olhar para o projeto voltado à construção com terra e para as questões culturais relacionadas ao habitat, abordando a responsabilidade social e o empoderamento das comunidades rurais de agricultores familiares, indígenas e quilombolas, em suas dimensões técnica, processual, conceitual e estética.

Coordenação Geral do TerraBrasil 2022

Web-Seminários *Terra em Debate* - TeD

TeD

Terra em Debate

Em virtude do adiamento do VIII Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil (TerraBrasil 2022), a **Rede TerraBrasil** (RTB) inspirada em *Viernes de Charlas*, organizado por PROTERRA, criou uma forma de discutir, constante e eficientemente, aspectos de interesse sobre a arquitetura e construção com terra (ACT).

Desde outubro de 2020, a RTB promove webconferências denominadas **Terra em Debate** (TeD). Os temas são diversos e cada evento conta com um moderador e geralmente três palestrantes, que decidem a melhor forma de apresentar o tema selecionado, na primeira metade do tempo. O tempo restante é destinado a esclarecimento de perguntas encaminhadas pelos assistentes, além de debates entre os palestrantes. Logo após o evento, o vídeo é disponibilizado no canal YouTube da RTB, permitindo a assistência por outros interessados, além de se tornar uma ferramenta pedagógica adotada por professores ao tratarem destes assuntos em salas de aula.

Sumara Lisboa, membro do Conselho Consultivo da RTB, coordena a programação dos eventos, os quais, desde o início de 2021, são realizados mensalmente, na última quarta-feira do mês. A maioria dos TeD é apoiada por alguma instituição de ensino, que emite certificado de participação. O canal Youtube da RTB está disponível em:

https://www.youtube.com/results?search_query=rede+terrabrasil

TeD 1 (14/10/2020)

Trajetória da arquitetura e construção com terra no Brasil

Mediadora: Jaqueline L. R. Vale

Convidados:

Ana Cristina V. Coelho

Célia Neves

Fernando C. N. Minto

Marco Antônio P. de Rezende

TeD 2 (28/10/2020)

Normas para construção com terra no Brasil

Mediadora: Jaqueline L. R. Vale

Convidados:

Ana Paula da S. Milani

Célia Neves

Normando Perazzo Barbosa

Obede Borges Faria



Inscriva-se!

Trajetória da Arquitetura e Construção com Terra no Brasil	Normas para construção com terra no Brasil
14 de Outubro. 19h	28 de Outubro. 19h
 ANA CRISTINA VILLACA COELHO Arquiteta - Red PROTERRA	 ANA PAULA DA SILVA MILANI Engenheira civil Docente UFMS
 CÉLIA NEVES Engenheira civil Red PROTERRA	 CÉLIA NEVES Engenheira civil Red PROTERRA
 FERNANDO CESAR NEGRINI MINTO Arquiteto - Matéria Base Arquitetura e Tecnologia	 MEDIADORA JACQUELINE LEITE RIBEIRO DO VALE Arquiteta - Docente Newton
 MEDIADORA JACQUELINE LEITE RIBEIRO DO VALE Arquiteta - Docente Newton	 NORMANDO PERAZZO BARBOSA Engenheiro civil Docente UFPA
 MARCO ANTÔNIO PENIDO DE REZENDE Arquiteto - Docente UFMG	 OBEDA BORGES FARIA Engenheiro Civil - Docente aposentado FEB/UNESP
 ROSANA SOARES BERTOCCO PARISI Arquiteta - Docente PUCMINAS	

TeD 3 (18/11/2020)
Pau a pique: contexto histórico e aspectos técnicos

Mediadora: Sumara Lisbôa

Convidados:

Wilza G. R. Lopes
 Márcio de Holanda
 Ricardo Piva

TeD 4 (16/12/2020)

Restauo: conceitos e prática

Mediadora: Andrea Correa

Convidados:

Milena F. Maranhão
 Carmen L. Muraro
 Raymundo Rodrigues

TeD 5 (27/01/2021)

**Restauro II:
conceitos e prática**

Mediador: Marco A. P. Rezende

Convidados:

Maria Virgínia Simão Peixoto

Marielle Rodrigues Pereira

Mateus de Carvalho Martins

TERRA EM DEBATE

Restauro II: conceitos e prática

Evento com transmissão ao vivo no canal Rede TerraBrasil **27 de janeiro - 16h**

Realização: Rede TerraBrasil

Apoio: PRONEX, TERRASUL 2022

Convidados: Maria Virgínia Simão Peixoto (Arquiteta, JSV arquitetas associados, Belo Horizonte (MG)), Marielle Rodrigues Pereira (Arquiteta, Universidade Federal do Tocantins (UFT)), Mateus de Carvalho Martins (Eng. Civil, Universidade Federal de São João del Rei (MG)), Marco Antônio Penido de Rezende (Arquiteto, Universidade Federal de Minas Gerais)

TeD 6 (03/03/2021)

Adobe: da caracterização do solo à avaliação do ambiente construído

Mediador: Obede Borges Faria

Convidados:

Jaqueline L. R. Vale

Michel Habib Ghattas

Carolina Dal Soglio

TERRA EM DEBATE

Adobe: da caracterização do solo à avaliação do ambiente construído

Dia 03 de março / 19h

Convidados: Jaqueline do Vale, Arq. Centro Universitário Newton Paiva - BH - MG; Michel Habib Ghattas, Arq. MH bioarquitetura Atibaia, SP; Carolina Dal Soglio, Arq. Baixo Impacto Arquitetura Fpolis - SC

Mediação: Obede Borges Faria, Prof. aposentado da FEB UNESP

Transmissão via Zoom
ID: 940 3885 9191

Realização: Rede TerraBrasil, PRONEX, TERRASUL 2022
Apoio: Newton

TeD 7 (31/03/2021)

Construção com terra e as mídias sociais

Mediadora: Sumara Lisbôa

Convidados:

Flávio Duarte

Paula Peret

Caio Martins

Levi Teixeira

Terra em Debate

Construção com terra e as mídias sociais

31 de MARÇO, 16h00

INSCRIÇÃO: user.m/INSCRICAOTED7

Convidados: Flávio Duarte (Arquiteto, @biohabitato), Paula Peret (Arquiteta, @bioarquitetar), Caio Martins (Arquiteto, @bioconstrucao), Levi Teixeira (Arquiteto, café no alpendre, IF Quixadá WEB TV)

Mediadora: Sumara Lisbôa (Arquiteta, @bioarqco)

Realização: TERRASUL 2022, Rede TerraBrasil
Apoio: NEMATENO, UFRN

Evento com emissão de certificado.

TeD 8 (28/04/2021)
Terra ensacada:
caracterização, movimentos
social e inovação

Mediador: Flávio Duarte

Convidados:

Bruno Azevedo

Cecília Prompt

INSCRIÇÃO: usar.ml/INSCRICAOTED8

Terra em Debate

Terra ensacada:
Caracterização, movimento social e inovação

28 de ABRIL, 16h00

BRUNO AZEVEDO
Arquiteto,
@biohabitato

CECÍLIA PROMPT
Arquiteta,
@margem_arquitetura

FLÁVIO DUARTE
Arquiteto,
@biohabitato
Mediador

REALIZAÇÃO: Rede TerraBrasil

APOIO: UFRN, PRC, UFRN

TeD 9 (26/05/2021)
Canteiro experimental e o
ensino sobre a arquitetura e
construção com terra

Mediador: Fernando Minto

Convidados:

Sofia Bessa

Letícia Grappi

Thiago Lopes

TERRA em DEBATE

Canteiro experimental e o ensino sobre a arquitetura e construção com terra

Rede TerraBrasil

Fernando Minto
arquiteto
@materiabase
mediação

Sofia Bessa
arquiteta
docente UFMG

Letícia Grappi
arquiteta
@mapadaterterra_org

Thiago Lopes
arquiteto
@arcatterra

LIVE
26 de maio de 2021 às 16h
youtube.com/redeterrabrasil

APOIO: solisluna design editora, PR terra

TeD 10 (02/07/2021)
Bloco de terra comprimida - BTC

Mediadora: Célia Neves
Convidados:
Sérgio Parizotto
Thiago Martoni

TERRAemDEBATE

TeD 10
Bloco de Terra Comprimida - BTC




Célia Neves
engenheira civil
Red PROTERRA
mediação


Sérgio Parizotto
arquiteto urbanista
Docente IFSC


Thiago Martoni
especialista em solos
Instituto Ecoterm
Modular

LIVE
02 de julho de 2021 às 19h
youtube.com/redeterrabrasil

APOIO:



TeD 11 (28/07/2021)
Construção com terra e o canteiro de obras

Mediadora: Letícia Grappi
Convidados:
Alain Mantchev
Gustavo Prione
Mildred Dias

TERRAemDEBATE

#11

Construção com terra e o canteiro de obras




Letícia Grappi
arquiteta
[@mapadaterterra_org](https://mapadaterterra.org)
mediação


Alain Mantchev
arquiteto
[@laboraterra_arquitetura](https://laboraterra_arquitetura)


Gustavo Prione
construtor
[@prione_semprevivo](https://prione_semprevivo)


Mildred Dias
arquiteta
[@arquitetura.zonazero](https://arquitetura.zonazero)

LIVE
28 de julho de 2021 às 19h
youtube.com/redeterrabrasil

APOIO:



TeD 12 (25/08/2021)

Revestimentos com argamassa de terra

Mediador: Alain Mantchev

Convidados:

Anaís Guéguen

Sumara Lisbôa

Thiago Lopes

TERRAemDEBATE

#12

Revestimentos com argamassa de terra



Alain Mantchev
arquiteto
@laboraterra
mediação

Anaís Guéguen
arquiteta
@arcaterria

Sumara Lisbôa
arquiteta
@bioarqeco

Thiago Lopes
arquiteto
@arcaterria

LIVE
25 de agosto de 2021 às 16h30
youtube.com/redeterrabrasil

APOIO: UNIFESSPA
mapadaterria



TeD 13 (27/10/2021)

Habitação de interesse social e a construção com terra

Mediador: Fernando Minto

Convidados:

Paula Peret

Maria Inês Cunha

Rafael Maia

Vika Martins

TERRAemDEBATE

#13

Habitação de interesse social e a construção com terra



Fernando Minto
arquiteto
@materiabase
mediação

Paula Peret
arquiteta
@alicercevívo

Maria Inês Cunha
arquiteta
@institutoetno

Rafael Maia
arquiteto
@toaarquitetura

Vika Martins
arquiteta
@ohasisarquitetura

LIVE
27 de outubro de 2021 às 18h
youtube.com/redeterrabrasil

APOIO: UNIFESSPA
mapadaterria



Concurso de arte gráfica para camisetas do evento

Os organizadores do TerraBrasil 2022 introduziram mais uma inovação ao evento, dois concursos de arte gráfica, um para estampas de camisetas do evento e outro para o motivo do mural a ser pintado durante a realização da oficina de tintas com pigmentos de solo.

O principal objetivo dos concursos foi manter a RTB mobilizada, estimulando a participação de todos os seus membros (como concorrentes ou como votantes), além de oportunizar o desenvolvimento de criatividade e a participação no evento com inscrições gratuitas. O concurso para as camisetas foi lançado na lista de comunicação virtual da RTB em 05/05/2021 e, após pré-seleção dos 4 melhores trabalhos inscritos pela comissão julgadora, foi submetida a votação pública on-line entre 15/07 e 14/08. Em 15/08 foram publicados os resultados. As regras do concurso constam do **Anexo A** destes anais.



As 4 artes submetidas, anonimamente, à votação pública

A seguir, as duas artes vencedoras, a nº 4 em 1º lugar e a nº 2 em 2º lugar.

Primeiro lugar: **Ariani Fátima Caninéo da Costa**

Arquiteta e fotógrafa

São Bento de Sapucaí - SP

Justificativa da autora: “HABITAR A TERRA, me fez refletir sobre o momento planetário em que estamos passando, como também a Regeneração da Natureza.

Assim, na visualização da Logo, uni o pássaro (símbolo de liberdade, do ato de voar), João-de-Barro, criador da sua própria moradia, construída de barro, trazendo o espírito da autonomia e inspiração.

No desenho integrado ao seu habitar, como representação da unificação do ser animal ou humano em sua habitação.

A representação dos edifícios e casas no entorno, propõe a visualização de integração também com a edificação e a conexão do ser humano com a natureza, lembrando que todos somos um, e que nossa casa se chama terra, ou melhor, Planeta Terra”.



Segundo lugar: **Leandro Teixeira Grandi**

e **André Pinto dos Santos**

Arquitetos

Colatina - ES

Justificativa dos autores: “A arte foi concebida partindo de 3 símbolos principais: habitar (como cobertura e abrigo), terra (como planeta e cor) e Brasil (como nome do evento e bandeira)”.



Concurso de arte gráfica para pintura mural com terra

O concurso para a arte gráfica que servirá de base para a pintura de um mural, durante a realização da oficina **tintas com pigmentos de solos**, foi lançado na lista de comunicação virtual da RTB em 12/11/2021 e, após pré-seleção dos 2 melhores trabalhos inscritos pela comissão julgadora, foi submetida a votação pública on-line entre 15/12/2021 e 05/01/2022. Em 05/01/2022 foram publicados os resultados na página da RTB e nas mídias sociais. As regras do concurso constam do **Anexo B** destes anais.



(1)



(2)

Os dois trabalhos selecionados pela comissão julgadora e submetidos à votação pública

A arte mais votada foi a número 2, de autoria de **Ana Maria da Silva Oliveira** e **Clara Bragança Boschiglia**, que assim justificaram o conceito de seu trabalho:

“Aterrar-se. A arte reflete a ideia de que “Habitar a Terra” é conectar-se a ela, sendo assim, o elemento principal do desenho retrata a intenção de se aterrar e se reconectar com o todo. O crescimento também como elemento de destaque se relaciona com a conexão com a natureza, com as nossas ancestralidades e toda nossa bagagem cultural, que funcionam como ferramentas para promover a expansão da consciência olhando para as novas possibilidades.”

As oficinas são **atividades práticas** que buscam a sensibilização de cada participante à **potencialidade do uso da terra em cada técnica construtiva**, e têm resultados importantes no evento com a uniformização do conhecimento e a criação de situações para troca dentre os próprios participantes, inclusive instrutores.

As oficinas ocorreram nos dois primeiros dias do evento, com limitação de 20 participantes por turma (incluindo os ministrantes) e seguindo rigorosamente os protocolos de prevenção à Covid-19. O seguinte comunicado foi amplamente divulgado pela Comissão Organizadora do evento, tanto por lista de e-mail, como por meio das redes sociais:

Atenção aos avisos importantes para participação no TerraBrasil 2022.

- PROTOCOLO PARA PARTICIPAÇÃO NO EVENTO DENTRO DA UFSC

Devido às **portarias normativas** 405/2021/GR e 406/2021/GR da Universidade Federal de Santa Catarina, cujo objetivo é apoiar os gestores por meio de um conjunto de condutas que precisam ser adotadas por todos para a manutenção de um ambiente institucional seguro e saudável no contexto da COVID-19, a COMISSÃO DE ORGANIZAÇÃO do TerraBrasil 2022 torna obrigatório durante a realização do evento:

- Apresentação do certificado nacional de vacinação
- Uso de máscara obrigatório, cada um deve trazer a sua
- Distanciamento social
- Ficam impossibilitados de participar gestantes, puérperas, lactantes, pertencentes a grupo de risco em razão de doença imunodepressiva, que coabitam com idoso ou com pessoa portadora de doença crônica e participação com sintomas do vírus.

Aproveitamos e solicitamos a cada participante que traga:

- Equipamento de proteção individual EPI (óculos, luvas, sapato fechado)
- Garrafa ou caneca para água

Todas as atividades ocorrerão em ambiente bem ventilado e os materiais de limpeza como papel toalha e álcool em gel serão disponibilizados pelo evento.

Programa das oficinas

01/02 TERÇA

8h - 9h30	Credenciamento
9h30 - 10h	Abertura do evento
10h - 11h30	Apresentação geral e introdução teórica: Caracterização de solos
11h30 - 12h	Inscrições para as oficinas

13h30 - 18h	Caracterização de solos Teste Carazas	Adobe	Taipa de pilão	Terra Ensacada	BTC
MINISTRANTE	Jaqueline Vale	Cobi Shalev	Fernando Minto	Flávio Duarte	Sérgio Parizotto
Local	LabRestauro	Pavilhinho	Pavilhinho	Pavilhinho	Pavilhinho

02/02 QUARTA

8h - 12h	Caracterização de solos Teste Carazas	Adobe	Taipa de pilão	Tintas de Terra	Taipa Japonesa*
MINISTRANTE	Jaqueline Vale	Cobi Shalev	Fernando Minto	Marcela Miranda	Akemi Hijioka
Local	LabRestauro	Pavilhinho	Pavilhinho	Mural	LabCisco

13h30 - 18h	Terra Ensacada	BTC	Revestimentos	Tintas de terra	Taipa Japonesa*
MINISTRANTE	Flávio Duarte	Sérgio Parizotto	Ana de Carli Silvio Santi	Marcela Miranda	Akemi Hijioka
Local	Pavilhinho	Pavilhinho	LabRestauro	Mural	LabCisco

* a oficina de Taipa Japonesa será uma turma única, as demais são duas turmas.

03/02 QUINTA

10h - 12h	Metodologia de projeto por meio da dança
MINISTRANTE	Iazana Guizzo
Local	Sala a definir

Oficina 1: Caracterização de solos e Teste Carazas

O principal objetivo da oficina, além de simplesmente identificar amostras de solos, é por os participantes em contato com as dificuldades de realização das tarefas, sentir as diferenças de comportamento de diferentes tipos de solos e sensibilizá-los para a importância de dedicar-se a estas práticas, para aperfeiçoamento nas técnicas de identificação. Somente assim, serão capazes de selecionar o solo mais adequado para cada aplicação. Complementa a oficina o exercício pedagógico conhecido por "Teste Carazas".

Instrutora: **Jaqueline Vale**



Arquiteta, doutoranda e mestre em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável da Escola de Arquitetura da UFMG e especialização em Sistemas Tecnológicos e Sustentabilidade Aplicados ao Ambiente Construído, todos eles com o adobe como objeto de pesquisa. Professora adjunta no Centro Universitário Newton Paiva, elabora cursos de extensão e iniciação científica com terra para os alunos da graduação. Elaborar projetos de arquitetura residenciais e comerciais. Coordenadora da Rede TerraBrasil (2020-2022 e 2022-2024)

Oficina 2: Adobe

Oficina designada para iniciantes e profissionais que desejam conhecer melhor a teoria e os processos necessários para produção e assentamento de tijolos de terra (adobes). Serão abordados assuntos como testes de solo, fôrmas e tamanho, métodos de amassar, e por final, o assentamento do tijolos.

Instrutor: **Cobi Shalev**



Especializado em adobe, cob, rebocos naturais e fibrocimento, seu primeiro contato com a bioconstrução foi em 2006, em uma fazenda de permacultura localizada em Israel, onde construiu sua primeira casa subterrânea feita de cob e materiais reciclados. Durante a construção, se encantou com a possibilidade de uma pessoa poder criar seu abrigo com as próprias mãos e decidiu viajar para se especializar na área. Viajou pela Europa, Argentina, Paraguai e Brasil, visitando comunidades e fazendas ecológicas, trabalhando e aprendendo tecnologias de bioconstrução e sistemas agroflorestais. Atualmente, achou seu cantinho em Olhos d'Água (Alexânia-GO), onde construiu sua casa de adobe e ferrocimento. Lá vive do seu trabalho como bioconstrutor e carpinteiro, buscando sempre meios como integrar os princípios da bioconstrução e permacultura no mundo da construção civil. Seu sonho é mostrar como é fácil e possível, para qualquer pessoa, construir e moldar nosso ambiente para que ele seja sintonizado com os processos naturais e os recursos ao nosso redor, que são abundantes.

Oficina 3: Taipa de pilão

O principal objetivo da oficina é fornecer conhecimento histórico e técnico sobre o sistema construtivo, além de apresentar os conceitos para projetar, construir e mostrar as principais características.

Instrutor: **Fernando Minto**



Arquiteto Urbanista (UNIMEP-1998), mestre em tecnologia da arquitetura (FAUUSP – 2009) e doutorando em tecnologia da construção (PROARQ/ FAU- UFRJ). Trabalha em obras de construção com terra desde 1996, é sócio-fundador da ABCTerra (Associação Brasileira de Construção com Terra/ 1997), membro da Red Proterra (desde 2001) e associado da rede TerraBrasil (desde 2006). Foi associado da assessoria técnica USINA (2006-2013). Atualmente é professor do Ateliê Terra, no curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Santa Úrsula (Rio de Janeiro) e trabalha como arquiteto construtor na empresa Matéria Base.

Oficina 4: Terra ensacada

A oficina tem objetivo dar oportunidade aos participantes para execução de paredes usando esta técnica. Será transmitido fazer a escolha da terra correta, executar procedimentos e etapas corretamente para eficácia na execução e bom desempenho.

Instrutor: **Flávio Duarte**



Arquiteto, bioconstrutor, urbanista, poeta e escritor. É o fundador e diretores executivo da Biohabitate, membro da Rede TerraBrasil de pesquisa e construção com terra no Brasil, e também do conselho consultivo da rede. Autor de mais de 4mil metros quadrados de projetos para construções com terra. Consultor de feng shui, tradicional, geobiologia, radiestesia, bioconstrução, saneamento ecológico, sustentabilidade e especialista em mitigação de poluição eletromagnética. Fundou o instituto BioConstelar como Terapeuta Sistêmico, Constelador Familiar e de Ambientes. É professor do curso de Aprendizado Sistêmico do Instituto Imensa Vida.

Oficina 5: Tintas com pigmentos de solo

O objetivo da oficina é transmitir aos participantes o conhecimento necessário para produzir tintas utilizando solos como pigmento e sensibilizá-los para a importância da prática. Vamos conhecer os princípios básicos da produção de tintas de terra e as possíveis formulações para a pintura de paredes internas e externas. Com as tintas formuladas na oficina, pintaremos um mural.



Instrutora: **Marcela Miranda**

Pesquisadora e instrutora de tintas naturais. Oceanógrafa (UFPR) com especialização em Gestão Ambiental (IFPR). É membro da Rede Terra Brasil e do Terra Coletiva, grupo de artistas que trabalha o muralismo com tintas naturais.

Oficina 6: BTC - Bloco de terra comprimida

O principal objetivo da oficina é adquirir conhecimentos básicos sobre a técnica de fabricação de blocos de terra comprimida em todas as suas etapas: seleção da terra, processo de fabricação de blocos, dosagem de ligante (cimento), cura, controle de qualidade e execução da alvenaria.



Instrutor: **Sérgio Parizotto (Tuco)**

Graduado em Arquitetura e Urbanismo pela UNIMEP (2000) e mestrado em Engenharia Civil pela UFSC (2004). Atuou como professor substituto nos cursos Técnico em Edificações e Tecnólogo em Construção de Edifícios do IFSC (campus Florianópolis / 2011 a 2013), como professor do quadro permanente do curso de Arquitetura e Urbanismo da Fundação Universidade Regional de Blumenau (2014 a 2015) e como professor efetivo do curso Técnico em Edificações do IFSC (campus Canoinhas / 2015 a 2016). Atualmente é Professor DIII-1 no IFSC do campus Florianópolis, com atividades de ensino, pesquisa e extensão nas áreas de Tecnologia e Desenho Auxiliado por Computador. Tem experiência na área de construções com terra (graduação e atividades de ensino), pré-fabricação de processos construtivos (mestrado) e nas áreas de conforto térmico, arquitetura bioclimática e comportamento térmico de telhados verdes, atuando também nas áreas de projeto arquitetônico e técnicas de desenho e representação gráfica (Sistemas CAD e Sistemas BIM).

Oficina 7: Taipa japonesa

O objetivo da oficina é trazer um pouco do conhecimento milenar japonês, do *"tsuchikabe"* que tem como correspondente a técnica mista (taipa de mão) e segue o princípio da aplicação do barro em uma trama de bambu. Na taipa japonesa o barro não é aplicado à mão, mas por meio de ferramentas chamado *"kote"*, e sua parede tem cerca de 7 a 9 cm de espessura. Ela é cuidadosamente aplainada, e para isto, segue alguns cuidados desde a escolha correta do bambu, das medidas dos feixes, da remoção dos colmos, da montagem da trama, das formas de amarrar e finalmente a aplicação do barro. Para entender esta técnica, que vai muito além da teoria, a oficina procura trazer através da prática os significados e valores transmitidos a gerações. A intenção é de apresentar a taipa japonesa não como um produto, mas como um processo, e experimentar o passo a passo do *"fazer"* como uma ação. Trazer um pouco da cultura do outro lado do mundo, e buscar as interações dos conhecimentos, dos materiais, das ferramentas, dos gestos e revelar novas possibilidades.



Instrutora: **Akemi Hijioka**

Docente do IFSP campus Registro. Doutorado pela USP São Carlos (2016). Pesquisadora do Grupo Habis (Grupo de Pesquisa em Habitação e Sustentabilidade) pela mesma universidade. Possui graduação em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Braz Cubas (1992) e mestrado em Urbanismo pela Pontifícia Universidade Católica de Campinas (2007). Atuou em restauração do patrimônio histórico com ênfase na arquitetura de origem japonesa, técnica construtiva japonesa no Brasil, arquitetura com terra e madeira, construção sustentável, utilização de material local, resgates da cultura construtiva tradicional e melhorias das técnicas construtivas com madeira e terra. Membro da Rede ProTerra e Grupo de Pesquisadora em parceria com Universidade de Kanagawa.

Oficina 8: Revestimentos de terra

O principal objetivo da oficina é sensibilizar os participantes para a compreensão dos sistemas de proteção de superfície de paredes, empregando o material terra. Durante a oficina, são dadas noções sobre a escolha das terras para o acabamento, assim como sobre as etapas do sistema de revestimento de terra, em função do material da parede a ser revestida, assim como das características necessárias, tanto para um acabamento interno quanto externo. A oficina busca assim transmitir a experiência de executar misturas para revestimentos e sua aplicação em paredes de terra, entre outros materiais, a fim de facilitar a compreensão de processos de autoconstrução ou de apoio ao planejamento do trabalho.

Instrutores: **Ana de Carli** e **Silvio Santi**



Ana de Carli: Bioconstrutora, natural do RS. Cientista Social e Mestre em Desenvolvimento Rural pela UFRGS. Fez parte das organizações dos Acampamentos Intercontinentais da Juventude do Fórum Social Mundial, entre 2001 e 2005. Em Porto Alegre foi integrante do coletivo CaSatieRRa, onde desenvolveu projetos de bioconstrução com comunidades tradicionais, movimentos sociais e Pontos de Cultura de 2006 a 2013. Foi mestre de obras da Casa Jubarte, em Alto Paraíso de Goiás.



Silvio Santi: Tem graduação em Arquitetura e Urbanismo na UNISINOS em 2000, especialista em Saneamento e Engenharia Ambiental de Obras Civas na PUC-RS em 2002, Magistério para Ensino Superior na UNOCHAPECÓ em 2011. Foi professor no SENAC e na UNOCHAPECÓ. Atuou em cursos de formação em agroecologia, em palestras e oficinas de sistemas de saneamento e construção em terra. Responsável pela gestão na Equipe de Engenharia da Cooperativa de Habitação dos Agricultores Familiares com atuação em Interesse Social no meio Urbano e Rural. Atualmente participa de grupo de estudos de bioconstrução e bambu na Crediseara, presta assessoria para projetos e execução de Arquitetura, Urbanismo e Licenciamento Ambiental.

Oficina 9: Metodologia de projeto por meio da dança

Com a sexta extinção da Terra em curso é cada vez mais evidente a nossa incapacidade de habitar esse organismo vivo. Trata-se de uma crise de pertencimento, de sensações, de afetos antes mesmo de uma crise tecnológica. A oficina busca, através do corpo, enfrentar essa crise ao iniciar uma pesquisa sensorial e singular em torno da questão: em qual mundo queremos habitar? Nela buscamos encontrar os pontos que nos conectam afetivamente com a t/Terra e com a nossa maneira singular de habitar. Afinal, a regeneração dos territórios não seria possível sem a de seus habitantes.



Instrutora: **Iazana Guizzo**

É professora adjunta da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Atuou como coordenadora e professora do Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Santa Úrsula- RJ, no qual idealizou junto com demais colegas a reforma curricular hoje vigente. É sócia-fundadora do estúdio Terceira Margem: arquitetura e singularidades. Autora do livro Reativar Territórios: o corpo e o afeto na questão do projeto participativo. Doutora em urbanismo na UFRJ (2014), com o tema Dos métodos de concepção do espaço comum: a participação em Christopher Alexander, Lina Bo Bardi e Hassan Fathy. Realizou doutorado sanduíche no Institut d'Urbanisme de Paris (2012 e 2013). Mestre pelo programa de pós-graduação em Psicologia da UFF (2008). É formada em arquitetura e urbanismo pela FAU/UniRitter (2004). Atuou (2006 a 2009) como arquiteta e urbanista na área pública (prefeitura do município de Nova Iguaçu - RJ). Atuou, também, como professora substituta na Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro (2009 a 2010). Além de elaborar e executar projetos de urbanismo, arquitetura, intervenções urbanas e dança

(Fonte: Plataforma Lattes, 24/01/2021)

PROGRAMA GERAL DO EVENTO

O Comitê Científico recebeu 96 resumos, que resultaram em 30 artigos aprovados para publicação (entre artigos científicos - AC e informes técnicos - IT), de autores da Austrália, Guatemala, Peru, Portugal e Brasil, além de oito trabalhos que foram aprovados preliminarmente, mas não retornaram da revisão solicitada aos autores.

Por razões diversas, principalmente relacionadas às limitações impostas pela pandemia de Covid-19, 16 autores confirmaram presença no evento, para apresentação oral de seus trabalhos, organizados em três sessões técnicas.

A parte técnico-científica do evento (dias 3 e 4/2) contou ainda com três palestras, duas mesas redondas, oito relatos de projetos e obras e seis pôsteres.

	1/02 TERÇA	2/02 QUARTA	3/02 QUINTA	4/02 SEXTA
8h – 9h30	Credenciamento	Oficinas práticas	Palestra 01 As Origens da Arquitetura e Construção com Terra no Brasil Günter Weimer	Palestra 02 Arquitetura Integrada à Vida Tomaz Lotufo
9h30 – 10h	Apresentação das oficinas e	Intervalo / Exposição		
10h – 11h30	Introdução teórica: caracterização de solos	Oficinas práticas	Sessões Técnicas	Sessões Técnicas
11h30 – 12h	Inscrições para as oficinas			
12h – 13h30	Intervalo para almoço			
13h30 – 15h	Oficinas práticas	Oficinas práticas	Sessões Técnicas	Palestra 03 A Arquitetura e Construção com Terra Contemporânea Ana Ruivo
15h – 15h30	Intervalo / Exposição			
15h30 – 18h	Oficinas práticas	Oficinas práticas	Mesa Redonda 01 Produção popular da arquitetura e construção com terra	Mesa Redonda 02 O projeto na arquitetura e construção com terra contemporânea

Programa da parte técnico-científica

Dia/hora	3/2 – quinta-feira	4/2 – sexta-feira
8:00 – 9:30	Palestra: As Origens da Arquitetura e Construção com Terra no Brasil Günter Weimer	Palestra: Arquitetura integrada à vida Tomaz Lotufo
9:30 – 10:00	Intervalo/Exposição	Intervalo/Exposição
10:00 – 12:00	Sessão técnica	Sessão técnica
10:00 – 10:15	Caracterização físico-mecânica de solo-cimento oriundo do município de São Carlos (SC) Anderson Renato Vobornik Wolenski, Allan Guimarães Borçato, Caroline Leal Faccin, Mateus Henrique Kipper	Estudo da resistência mecânica do adobe com adição de piaçava Beatriz Thainara Pidde dos Santos, Andrêssa Gomes Nogueira, Jéssica Azevedo Coelho
10:15 – 10:30	Caracterização de solo para taipa de pilão e paredes monolíticas de solo-cimento em Foz do Iguaçu Gabriel Cunha, Jéssica Machado Seolin	Consistência e fissuração em revestimento argamassado de solo com adição de fibra de poliéster Natalia Arissa Fujita, Augusto Montor de Freitas Luiz, Sarah Honorato Lopes da Silva
10:30 – 10:45	Análise mecânica de solo estabilizado com sedimento da Barragem de Fundão Gabriela T. L. Lage, Isabela K. Mendonça, Júlia A. W. Nogueira; Sofia A. L. Bessa	Enlucidos con <i>Echinopsis pachanoi</i> en muros de quincha y su comportamiento térmico Dario Huashuayo, Lesly Cornelio, Miguel Zelaya, María Teresa Méndez Land
10:45 – 11:00	Análise da estabilização de solos com cimentos brasileiros para a produção da taipa de pilão Isabela Karoline Mendonça, Gabriela T. L. Lage, Júlia A. W. Nogueira, Sofia Araújo Lima Bessa	As normas da arquitetura e construção terra e seus agentes promotores Beatriz de Moraes Vieira; Janine Ariane do Nascimento Ramalho
11:00 – 11:15	Região Sertão do Nordeste do Brasil: análise de solos e técnicas de construção com terra Darlan R. de Lima, Sofia A. Lima Bessa	Panorama da arquitetura e construção com terra no Ceará Pedro Peixe, Herbeson Mikson Santos, Levi T. Pinheiro, Letícia Grappi, Sumara Lisbôa
11:15 – 11:30	Índices normativos para adobe: uma análise aplicada aos solos tropicais brasileiros Jaqueline Leite Ribeiro do Vale, Marco Antônio Penido de Rezende	Panorama dos profissionais da arquitetura e construção com terra na Região Sul do Brasil Cecília Prompt, Sumara Lisbôa
10:15 – 10:30	Debate	Debate
12:00 – 13:30	Almoço	Almoço
13:30 – 15:00	Sessão técnica	
13:30 – 13:45	Cronologia da destruição: em busca das casas de taipa de mão da Ilha Mem de Sá em Sergipe Dayane Felix Andrade, Pedro Murilo Gonçalves de Freitas	
13:45 – 14:00	Arquitetura de terra nas regiões afetadas pelo rompimento da Barragem de Fundão Gabriela T. L. Lage, Júlia A. W. Nogueira, Saulo H. M. Saraiva, Sofia A. L. Bessa	
14:00 – 14:15	Arquivo template Autodesk Revit® para ensino do sistema construtivo de blocos de terra comprimida Sergio Parizotto Filho	
14:15 – 14:30	A cura através da terra: o caso do Projeto Terra Cura e o 1º curso de bioconstrução em Rondônia Regina Célia Gonçalves Morão, Bruno Thiago Paz de Lima Alves	
14:30 – 15:00	Debate	
15:00 – 15:30	Intervalo/Exposição	Intervalo/Exposição
15:30 – 18:00	Mesa Redonda 1: Produção popular da arquitetura e construção com terra Mediadora: Vika Martins Convidados: Ana de Carli, Cacica Eliara, Cobi Shalev, Gilso Giombelli, Jaime Carvalho e Tomaz Lotufo	Mesa Redonda 2: O projeto na arquitetura e construção com terra contemporânea Mediador: Ricardo Piva Convidados: Iazana Guizzo, Flávio Duarte, Márcio V. Hoffmann, Ricardo Socas Wiese, Silvío Santi

Palestra 1: **As Origens da Arquitetura e Construção com Terra no Brasil**



São apresentadas pesquisas que vêm sendo realizadas desde longa data, as quais mostram que existe uma variedade de tipologias que foram praticadas por nossos ancestrais. Os mais longínquos habitantes das Américas trouxeram uma vasta experiência de construção de habitações subterrâneas e semi-subterrâneas experimentadas na Sibéria e que foram sendo adaptadas ao nosso meio ambiente. Por outro lado, a Península Ibérica é rica em variedade de tipologias de moradias ditas trogloditas ainda em uso e de notáveis qualidades habitacionais. No sentido de mostrar as possibilidades desse tipo de construção vamos apresentar um tipo de verdadeiras cidades subterrâneas desenvolvidas em até cinco andares, virtualmente inexpugnáveis construídas na Turquia e que somente em tempos recentes foram descobertas e que mostram as possibilidades de técnicas construtivas passíveis de serem utilizadas em nossos dias.

Ministrante: **Günter Weimer** - Autor do livro *Arquitetura Popular Brasileira e Arquitetura Indígena* sua evolução desde suas origens asiáticas, possui graduação em Arquitetura pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1963), mestrado em História da Cultura pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (1981) e doutorado em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade de São Paulo (1990). Atualmente é professor convidado do Proprama de Pós-graduação em Urbanismo (PROPUR) da Faculdade de Arquitetura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Tem experiência na área de Arquitetura e Urbanismo, com ênfase em Arquitetura e Urbanismo, atuando principalmente nos seguintes temas: arquitetura popular, história da arquitetura, imigração alemã, açorianos no Brasil e Rio Grande do Sul.

Palestra 2: **Arquitetura Integrada à Vida**



A palestra busca mostrar como fazer arquitetura pode ser um ato integrador, relacionando pessoas, lugares e diversas manifestações da vida. Como fazer o coletivo da arquitetura permite a produção de diversas formas de entender o lugar, apresentando caminhos de viver e integrar. Também pretende apresentar a casa como um organismo em pleno funcionamento interagindo com as pessoas, recebendo água da chuva, processando resíduos, alimentando a horta e produzindo a água com saneamento biológico e como para isso deve-se colocar o ser humano em evidência, conectá-lo, dar-lhe poder e responsabilidade sobre a construção do futuro. Assim a casa torna-se a oportunidade do reconhecimento de si como parte de um organismo que também pode interagir positivamente com as pessoas e o lugar. Do baixo impacto ambiental ao impacto social positivo.

Ministrante: **Tomaz Lotufo** - Possui graduação em Arquitetura e Urbanismo pela Pontifícia Universidade Católica de Campinas (2000) e mestrado em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade de São Paulo (2014). Atualmente é professor pós-graduação do Centro Universitário Belas Artes de São Paulo, arquiteto - Sem Muros Arquitetura Integrada e arquiteto e permacultor da Rede de Permacultura Permeiar. Tem experiência na área de Arquitetura e Urbanismo, com ênfase em Arquitetura e Urbanismo, atuando principalmente nos seguintes temas: permacultura, arquitetura sustentável, construção sustentável, projeto participativo e ensino de arquitetura.



Palestra 3: **A Arquitetura e Construção com Terra Contemporânea**

Os conteúdos serão a abordagem histórica da Arquitetura e Construção com Terra, o panorama atual e referências arquitetônicas contemporâneas, a terra como material de construção, as vantagens e desvantagens, as várias técnicas construtivas com terra e suas especificações técnicas e apresentação de projetos arquitetônicos.

Ministrante: **Ana Ruivo** - Natural de Portugal, licenciou-se em Arquitetura em 2008 pela ESAP no Porto e especializou-se em técnicas construtivas apropriáveis, ecológicas, económicas e socialmente justas. Depois de se licenciar, viajou para o Brasil para trabalhar no Instituto TIBÁ com o Arquiteto JOHAN VAN LENGEN, autor do “Manual do Arquiteto Descalço”, durante mais de dois anos. De 2010 a 2013, de volta à Europa, colaborou com o Tibá como arquiteta free-lancer em todos os projetos sociais fora do Brasil (como Moçambique e São Tomé e Príncipe). Na Europa trabalhou com o Arquiteto alemão GERNOT MINKE na Alemanha e Eslováquia. Colaborou ainda com o Arq. ÁLVARO SIZA VIEIRA no projeto de expansão da FAUP (Faculdade de Arquitetura da Universidade do Porto) como consultora em tecnologias de Terra crua. Em 2013 viajou para o México para abrir um novo escritório de arquitetura do Instituto Tibá nesse país, onde trabalhou por mais de um ano, formando uma nova equipe e desenvolvendo o projeto arquitetônico de um grande centro cultural ecológico em Guanajuato, que representa a maior obra do Tibá Arquitetos e uma referência da arquitetura contemporânea ecológica e construída com terra crua (Adobe). Regressou ao Brasil em 2015, a convite do escritório BAIXO IMPACTO ARQUITETURA em Florianópolis.

Mesa redonda 1

Produção Popular da Arquitetura e Construção com Terra

A arquitetura e construção com terra tem forte relação com a arquitetura popular, uma vez que o desenvolvimento das tecnologias ocorre de acordo com características locais e associada aos aspectos socioculturais, econômicos e ambientais. Esta mesa visa discutir a valorização de experiências entre os construtores de modo a estreitar a relação entre as produções erudita e acadêmica de ACT, como também as experiências práticas junto de movimentos sociais, a contribuição do conhecimento empírico e o protagonismo das mulheres no canteiro de obras.

Mediadora: **Vika Martins**

Convidados: **Ana de Carli², Jaime Carvalho, Gilso Giombelli e Cobi Shalev²**

Viviane Santi Martins (Vika): Proprietária da Ohásis Arquitetura Sustentável. Ministra palestras e cursos abordando temas como sustentabilidade urbana, arquitetura sustentável, saudabilidade na edificação, design permacultural, geobiologia, habitação de interesse social, empoderamento social por meio da construção natural ou bioconstrução. Recebeu o prêmio menção honrosa nacional no prêmio SOBER, representando a UFRGS. Em 2017, prestou assessoria técnica ao projeto coletivo KiKré para a construção de casas em 19 aldeias em terra indígena no Pará.



Jaime Carvalho: Técnico em agropecuária com formação em agronomia bioquímica de solos e mineralogia. Ecologista associado da Cooperativa Ecológica Coolméia, coordenador das feiras ecológicas em Porto Alegre/RS, permacultor especializado na produção de alimentos em sistemas de agricultura ecológica integrante do IPEP/RS, agricultor assentado da Reforma Agrária MST em Piratini/RS, produtor de sementes Bionaturassociado a OSCIP Guay, coordenador de sistemas biomineralizados, empreendimento Biobactes para fabricação de biofertilizantes e biocoloides. Bioconstrutor em parceria com a Senda Viva desenvolveu casas de taipa e com telhado jardim, fabricação de adobes e placas de barro fermentado, diversas construções de cisternas e recuperação de fontes, implantação de biusinas de fermentados no Instituto Takuara Renda/Paraguai, Campo do Meio/MG e Florianópolis/SC. Atualmente constrói, em Eldorado do sul/RS, sistemas de produção de alimentos agroflorestal e em ambientes aquáticos.



² Já apresentados na seção das oficinas

Gilso Giombelli: Fez cursos de Agroecologia, Permacultura, Bioconstrução e saneamento ecológico, Fitoterapia Tradicional, Cultural e Popular, psicanálise e, em andamento Florais. Fez bacharelado em Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável e licenciatura em História mas não chegou a conclusão. Participa ativamente da Cooperativa de Crédito Rural Seara - CREDISEARA, em Seara/SC, é agricultor familiar e agroecologista. Foi coordenador geral da Associação Pequenos Agricultores do Oeste Catarinense - APACO, em Chapecó/SC, diretor financeiro da Cooperativa Central de Crédito Rural com Interação Solidária – CRESOL BASER, em Francisco Beltrão e vereador em Seara/SC.



Mesa redonda 2

O projeto na arquitetura e construção com terra contemporânea

Os desafios na área da arquitetura e construção com terra passam por questões relacionadas à valorização da prática profissional. Desta forma, esta discussão tem o objetivo de encontrar peculiaridades do projeto de ACT e avançar no tema de modo a impulsionar o acesso a obras com maior qualidade e segurança. Serão discutidas metodologias, práticas de projeto participativo, especificidades técnicas e o ensino no âmbito acadêmico.

Mediadora: **Vika Martins**

Convidados: **Iazana Guizzo, Fernando Minto³, Ricardo Socas Wiese e Silvio Santi³**

Iazana Guizzo: Sócia-fundadora do estúdio Terceira Margem, arquitetura e singularidades. Professora da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Doutora em Urbanismo pelo PROURB-UFRJ, Mestre em Psicologia pelo PPG-UFF, Arquiteta e Urbanista pela UniRitter-RS e bailarina pela Angel Vianna-RJ. A oficina sensorial para a construção da demanda real de projeto irá trabalhar o tema: qual mundo queremos habitar? Com método participativo e afetivo de concepção de projeto de Arquitetura e Urbanismo e com inspiração no elemento terra como proposta de uma pesquisa afetiva a partir do corpo.

(Apresentação completa, com foto, na Oficina 9)

Ricardo Socas Wiese: Professor do curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Possui graduação em Arquitetura e Urbanismo pela UFSC (2003) e Doutorado em “Progettazione Ambientale” pela “Università di Roma - La Sapienza” (2010). Atuou na área docente do curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS) de 2013 a 2016. Entre 2004 e 2009, atuou como arquiteto em escritórios de arquitetura da Itália, como o “Studio Insula” e o “LCA architettura”. Tem experiência na área de Planejamento e Desenvolvimento de Projetos Arquitetônicos e Tecnologia da Arquitetura com ênfase nas questões de sustentabilidade aplicada à arquitetura.



³ Já apresentados na seção das oficinas

ARTIGOS CIENTÍFICOS
INFORMES TÉCNICOS



Tema 1

Materiais e técnicas construtivas

Trabalhos que apresentem 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.



CONSTRUÇÃO COM TERRA E SUAS PERSPECTIVAS DE PESQUISA

Mychelly Katllyn Dias¹; Guilherme Prado Alves²; Daniele Ornaghi Sant'Anna³

Universidade Federal de Itajubá – campus Itajubá, MG, Brasil, ¹mychellydias95@gmail.com; ³ornaghi@gmail.com

²Universidade de São Paulo – Escola de Artes, Ciências e Humanidades (EACH). SP, Brasil, guilhermepradoalves@usp.br

Palavras-chave: técnicas construtivas, sustentabilidade, bioconstrução, taipa de pilão

Resumo

A construção civil é um dos setores que mais impactam negativamente o meio ambiente. Logo, entende-se que buscar e analisar as estratégias sustentáveis que vêm sendo estudadas no setor é uma forma de contribuir para a mitigação desses efeitos. As técnicas construtivas com terra se apresentam como uma alternativa sustentável, além de contribuírem para o conforto e para a viabilidade econômica das habitações. A fim de analisar como a literatura tem tratado o tema das construções com terra, foi realizada uma pesquisa bibliográfica nas bases Scielo, Scopus, Proquest e Web of Science e uma posterior filtragem dos dados de acordo com os critérios pré-estabelecidos. Os resultados demonstram que o tema se apresenta relevante em vários países e que a taipa de pilão é a técnica de maior destaque, apresentando uma gama de assuntos, tanto para a conservação de construções tradicionais quanto para o aprimoramento da mesma para as construções contemporâneas. Entretanto, os estudos indicam que há desafios no uso da técnica por haver escassas diretrizes a respeito da normatização da mesma, inferindo-se na necessidade de mais investigações acerca do tema.

1 INTRODUÇÃO

A construção civil utiliza mais da metade dos recursos naturais extraídos do planeta na produção e manutenção do ambiente construído, sendo que a extração desses recursos é apenas o início do problema que se estende por todo o ciclo de vida do produto. Problemas estes que vão desde a demanda por energia para o seu processamento, até, por exemplo, ao transporte dos materiais e à geração de resíduos (CBCS *et al.*, 2014).

Tendo em vista a minimização desses impactos, a bioconstrução, a qual é definida por Brasil (2008) como a “construção de ambientes sustentáveis por meio do uso de materiais de baixo impacto ambiental, adequação da arquitetura ao clima local e tratamento de resíduos”, exerce um importante papel. Alinhadas à bioconstrução, as técnicas baseadas no uso da terra se mostram relevantes para a construção civil atual devido à existência de um vasto patrimônio constituído por construções com terra, sendo estimado por Minke (2015) que cerca de um terço da população mundial viva nestas construções.

Segundo Houben e Guillaud (1996), essas técnicas possuem uma ampla variedade e são bastante flexíveis, sendo as mais utilizadas: o adobe, a taipa de pilão, a terra palha, o pau a pique, o cob e os blocos de terra comprimida. Os autores apontam as principais vantagens ambientais no uso da terra, como: evita o desmatamento, visto a ausência da queima de recursos orgânicos pelo não cozimento da terra; o não consumo de energias não renováveis em toda a sua produção; a economia de energia para o transporte de materiais, já que, dependendo do local da obra, a terra pode ser retirada no mesmo; o baixo consumo de água; a não produção de resíduos químicos e industriais, podendo ser, parcialmente ou totalmente, reciclável.

A viabilidade econômica na utilização da terra como material construtivo é garantida pela sua gratuidade, acessibilidade e simplicidade. Além disso, as técnicas necessitam de baixa especialização de mão de obra para o seu manuseio, já que não necessitam do auxílio de

tecnologias sofisticadas, sendo utilizada, muitas vezes, em sistemas de autoconstrução (Minke, 2005). Logo, infere-se que o uso da terra nas construções também pode contribuir para a democratização do acesso a moradia, visto a sua acessibilidade tanto na obtenção do material quanto na utilização das técnicas. Ademais, dependendo do local da habitação, o uso da terra como material construtivo pode promover o seu conforto interior, seja térmico, acústico ou higroscópico (Giuffrida *et al.*, 2019).

Partindo dos pressupostos apresentados, torna-se necessário contornar os preconceitos a respeito das técnicas a base de terra por meio do aprimoramento técnico e do esclarecimento à população para que as diversas vantagens de seu uso sejam reconhecidas e aproveitadas por todas e todos. Logo, o presente estudo expressa como temática o estado da arte das construções com terra em termos de técnicas construtivas e, também, busca analisar como a técnica de maior destaque está sendo retratada na academia.

2 OBJETIVOS

O objetivo geral da pesquisa é analisar como a literatura tem tratado o tema das construções com terra em termos de técnicas construtivas.

Os objetivos específicos são:

- identificar as principais técnicas construtivas com terra tratadas pela literatura;
- verificar qual técnica é mais estudada ao redor do mundo;
- investigar quais assuntos são levantados acerca da técnica construtiva de maior destaque;

3 METODOLOGIA

A metodologia adotada consiste na revisão sistemática da literatura, a qual foi norteada através das seguintes perguntas: qual o estado da arte do uso de técnicas construtivas com terra? E como a técnica construtiva de maior destaque é retratada pela literatura?

A partir disso, a pesquisa apoiou-se na busca bibliográfica, tendo como fonte textual os artigos de periódicos categorizados como “acesso aberto” nas bases de dados pertinentes à Engenharia Civil, sendo elas: *Scielo*, *Scopus*, *Proquest* e *Web of Science*.

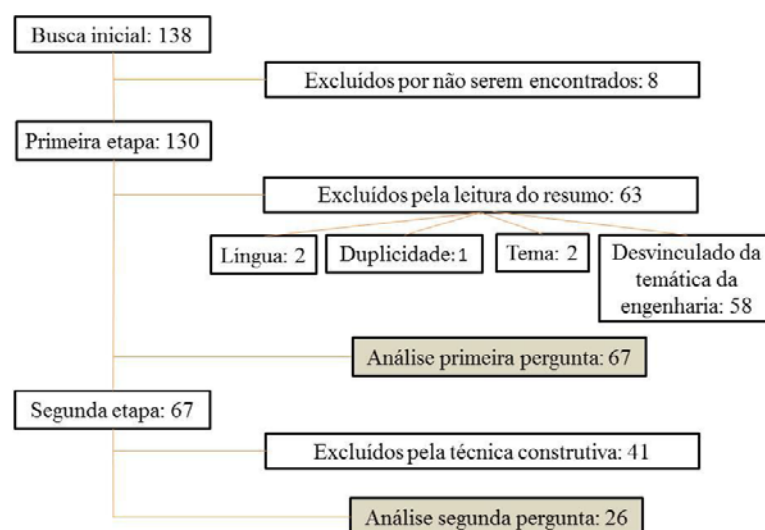


Figura 1 - Fluxograma metodológico

Tendo as bases de dados já estabelecidas, foram definidas as seguintes palavras-chave: *earth construction*, *earth building*, *earth architecture* e *construction with earth*. Com isso, a

primeira consulta foi realizada a fim de se obter artigos com acesso aberto publicados nos anos 2016, 2017, 2018, 2019 e 2020 que continham uma das palavras-chave no título, no resumo ou nas palavras-chave.

A primeira busca resultou em 138 artigos e, a partir disso, a seleção dos artigos para análise foi definida de acordo com o fluxograma metodológico apresentado na figura 1

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Organização espacial

O local de publicação dos artigos, definido de acordo com a origem da revista, contempla quatro continentes, sendo 72% publicados na Europa, 22% na América, 4% na Ásia e 2% na África. Os países que apresentam os artigos relevantes para esta pesquisa são: Alemanha, Brasil, Colômbia, Egito, Equador, Espanha, Estados Unidos da América (EUA), França, Hungria, Índia, Malásia, México, Holanda, Polônia, Reino Unido, Sérvia, Singapura e Suíça. De forma geral, constata-se que tanto países de economia central quanto periféricos contribuem para o tema das construções com terra, porém, analisando a relação de artigos por país é possível observar que há uma predominância dos países desenvolvidos na literatura estudada, conforme mostra a figura 2.

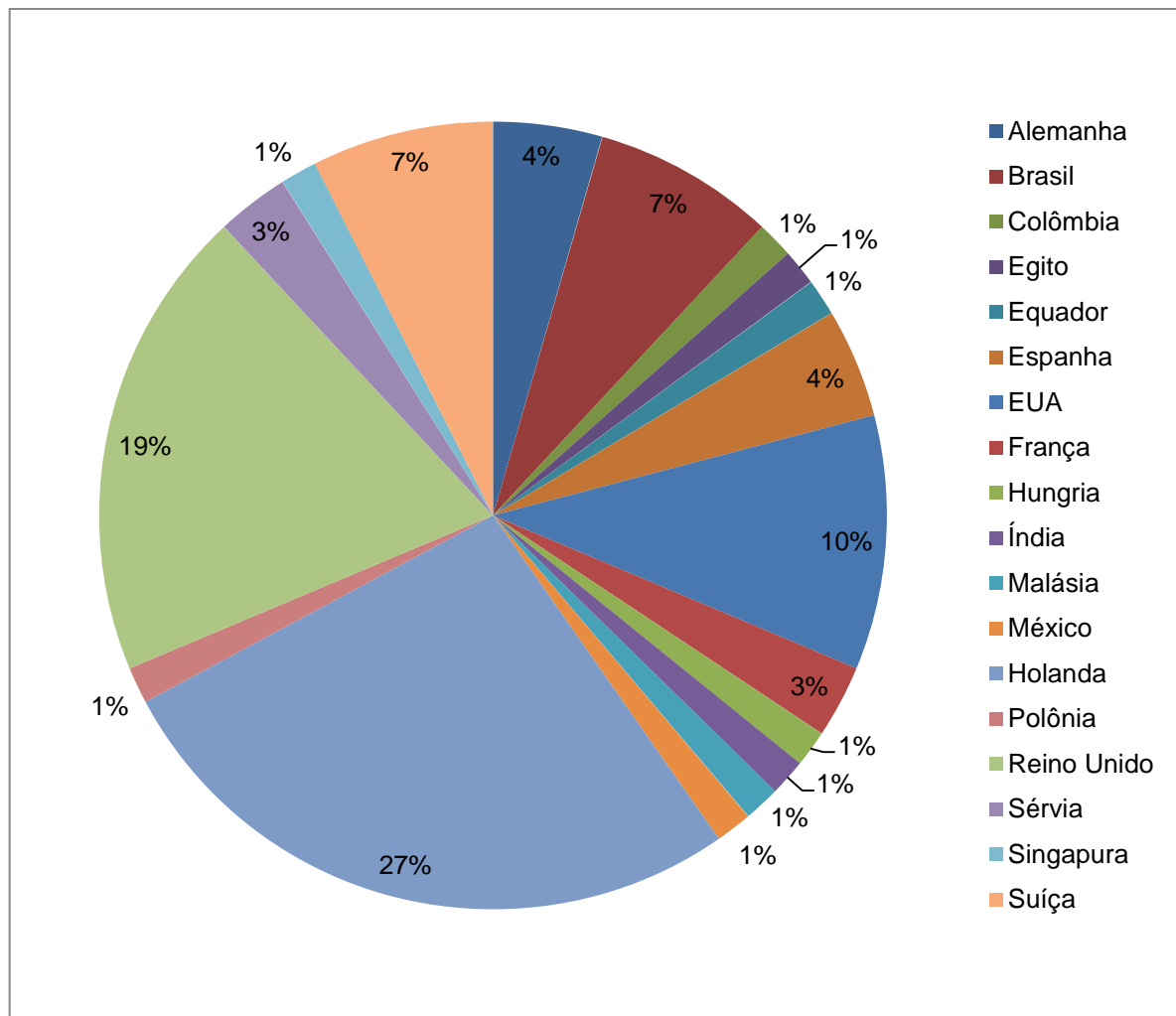


Figura 2 - Artigos publicados por país

4.2 Técnicas construtivas

As técnicas levantadas pela literatura foram as seguintes: taipa de pilão, cob, terra ensacada, bloco de terra comprimido e pau a pique. A figura 3 demonstra a quantidade de

estudos para cada técnica construtiva, sendo possível observar a predominância da técnica de taipa de pilão, sendo o bloco de terra comprimida (BTC) a segunda técnica mais estudada nos cinco anos analisados. Ressalta-se que, além desses estudos, houve 19 artigos em que a técnica construtiva não foi um fator a ser abordado, os quais investigaram assuntos e parâmetros que compreendiam a construção de terra em geral, independente da técnica construtiva. Ademais, vale ressaltar que oito artigos contemplaram mais de uma técnica nos seus estudos.

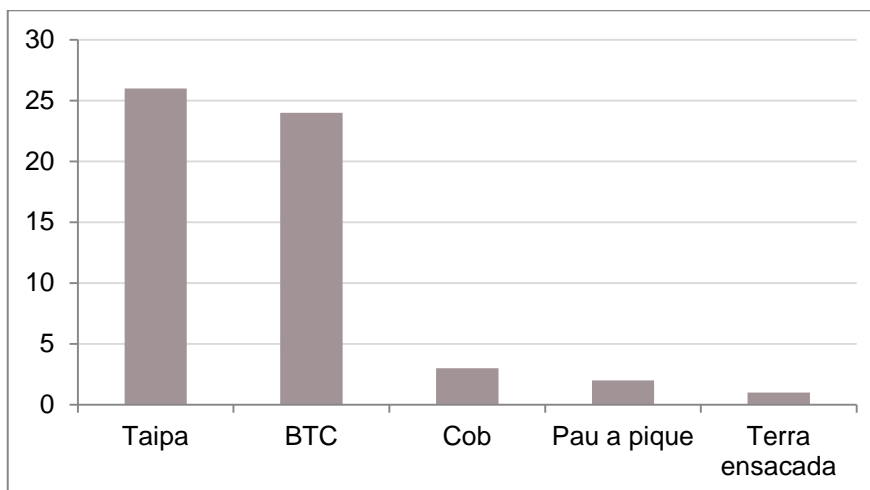


Figura 3 - Técnicas construtivas de terra apresentadas pela literatura

4.3 Taipa de pilão: a técnica de maior destaque

A taipa de pilão foi a técnica mais estudada nas publicações selecionadas. Estas foram classificadas pelo assunto principal de cada, resultando de 10 grupos. A tabela 1 indica os assuntos principais identificados e os respectivos artigos. A figura 4 apresenta, quantitativamente, a classificação efetuada, que destaca o conforto térmico da taipa de pilão como o assunto mais estudado no ambiente selecionado.

Tabela 1 - Assuntos abordados pelos autores

Assunto principal	Autores	Quantidade de artigos
Comportamento térmico	Balaguer <i>et al.</i> , (2019); Cheikhi <i>et al.</i> (2018); Cheikhi <i>et al.</i> (2020); Cordeiro <i>et al.</i> (2020); Fernandes <i>et al.</i> (2019); Hegediš <i>et al.</i> (2017); Jentsch <i>et al.</i> (2017); Serrano <i>et al.</i> (2016); Serrano <i>et al.</i> (2017)	9
Avaliação mecânica de taipa de pilão estabilizada	Basanna <i>et al.</i> (2020); Hallal <i>et al.</i> (2018); López-Osorio <i>et al.</i> (2020); Serrano <i>et al.</i> (2017); Suresh; Anand (2017); Totla <i>et al.</i> (2019)	6
Caracterização geotécnica	Cordeiro <i>et al.</i> (2020); Frangedaki <i>et al.</i> (2020); Hallal <i>et al.</i> (2018); López-Osorio <i>et al.</i> (2020); Serrano <i>et al.</i> (2017); Suresh; Anand (2017)	6
Análise sísmica	Angulo-Ibáñez (2017); Barros <i>et al.</i> (2018); Silva <i>et al.</i> (2017); Zhou; Liu (2018)	4
Influência da água	Araldi <i>et al.</i> (2018); Frangedaki <i>et al.</i> (2020); Rempel; Rempel (2019)	3

Restauração de construções históricas	Frangedaki <i>et al.</i> (2020); Gomes <i>et al.</i> (2016); López-Osorio <i>et al.</i> (2020)	3
Custos	Linden <i>et al.</i> (2019); Totla <i>et al.</i> (2019)	2
Deficiências nas construções	Baiche <i>et al.</i> (2017)	1
Micromorfologia	Hamard <i>et al.</i> (2019)	1
Controle de qualidade	Canivell <i>et al.</i> (2020)	1

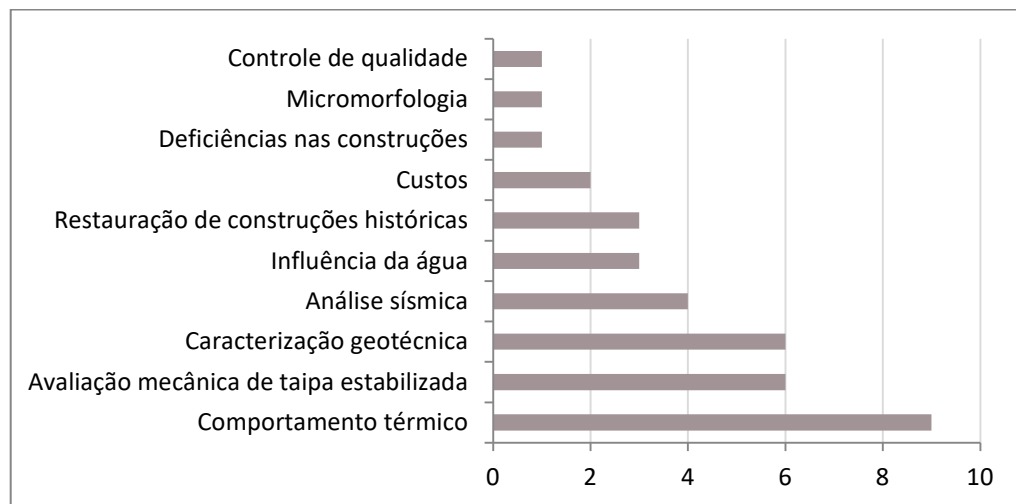


Figura 4 - Quantidade de artigos por assunto

a) *Comportamento térmico*

A avaliação térmica de paredes de taipa de pilão foi avaliada através de construções já existentes (Balaguer *et al.*, 2019; Cheikhi *et al.*, 2018, 2020; Jentsch *et al.*, 2017; Hegedis *et al.*, 2017; Fernandes *et al.*, 2019) e por meio de protótipos construídos em laboratório ou em campo (Cordeiro *et al.*, 2020; Serrano *et al.*, 2016, 2017). Diferentes métodos foram utilizados para a análise, tais como: sensores instalados no interior das construções e dos protótipos para a medição das propriedades térmicas; utilização de câmeras termográficas para a captura e posterior processamento das imagens térmicas do local; simulação térmica do edifício/protótipo por meio do software *Design Builder*; o teste de ventilador de porta (*door fan test*) para a medição da estanqueidade das paredes; entrevistas com usuários do local analisado. Evidencia-se que a taipa de pilão é um material com alta inércia térmica, porém este recurso deve ser utilizado com cautela. Cheikhi *et al.* (2018, 2020) e Fernandes *et al.* (2019) relatam que a taipa de pilão, em conjunto, ou não, com materiais isolantes e estratégias passivas de resfriamento/aquecimento, pode apresentar um bom comportamento no inverno, mas ruim no verão ou o contrário, dependendo de criteriosas análises a respeito do uso da técnica e de suas associações com outras alternativas de conforto térmico. Outro ponto também levantado, especialmente para os estudos de caso em construções já existentes, é que, embora os métodos de avaliação possam ser utilizados em outros estudos e regiões, os resultados nem sempre podem, já que para a análise são utilizados dados específicos do local, como as características construtivas e climáticas (Balaguer *et al.*, 2019). Além disso, observou-se que alguns autores (Cordeiro *et al.*, 2020; Serrano *et al.*, 2016; 2017) buscaram alternativas à técnica tradicional a fim de conciliar seus efeitos térmicos satisfatórios com uma melhor adequação da técnica na construção civil contemporânea, apresentando estudos com paredes de taipa de pilão de menor espessura, nos quais foi enfatizado que a espessura é um fator importante no comportamento térmico, pois com a diminuição, as estruturas apresentaram pior comportamento. Contudo, Serrano *et al.* (2016) mostra que, se as paredes forem

combinadas com materiais isolantes naturais, o conforto térmico nas construções pode ser alcançado.

b) Avaliação mecânica de taipa de pilão estabilizada

A taipa de pilão estabilizada consiste na adição de outros materiais a fim de melhorar as suas propriedades (Serrano *et al.*, 2017). Os aditivos utilizados nos estudos se classificaram em naturais e artificiais / industriais, sendo utilizados em conjunto ou não, de acordo com a finalidade do estudo. Os aditivos que se destacaram para as análises mecânicas foram: cimento, cal, cinzas volantes, argila expandida, suco de figo da Índia (ácido pécico), óxidos com ácido de acácia, óleo de linhaça, palha, esterco, fibras de *cannabis* e bioenzima de melação de cana de açúcar. Para a restauração de um tecido de taipa de pilão de valor patrimonial, embora a adição de materiais seja uma alternativa para a melhoria das construções, López-Osorio *et al.* (2020) alertam para que os aditivos sejam de caráter natural a fim da mínima intervenção possível. Os testes apresentados visam caracterizar a resistência à tração, a resistência à flexão, as propriedades de dobra e durabilidade e a resistência à compressão, sendo esta a característica avaliada predominante nos estudos. A avaliação mecânica foi realizada com o propósito de adequar o solo local para a construção com taipa de pilão, destacando-se o trabalho de Hallal *et al.* (2018) que busca avaliar a conformidade de solos considerados inadequados pela técnica de taipa de pilão, ou seja, com alto teor de finos. Destaca-se que o uso de estabilizadores artificiais, quando combinados com bioenzima de melação de cana de açúcar apresentam melhores resultados mecânicos para a taipa do que quando utilizados sozinhos e que a adição de fibras discretas em misturas estabilizadas com cimento e cal podem favorecer o uso da taipa de pilão como elemento estrutural, evidenciando a relevância do uso de materiais naturais em conjunto com os artificiais (Basanna *et al.*, 2020; Hallal *et al.*, 2018). Por fim, os estudos apresentaram resultados satisfatórios para a taipa de pilão estabilizada em relação às suas propriedades mecânicas, inclusive para solos com alto teor de finos.

c) Caracterização geotécnica

Os estudos que avaliam a adequação de determinado solo à técnica de taipa de pilão, utilizam a caracterização geotécnica no início dos ensaios, sendo uma etapa fundamental para os estudos que procedem (Cordeiro *et al.*, 2020; Serrano *et al.*, 2017; Suresh *et al.*, 2017; Hallal *et al.*, 2018; López-Osorio *et al.*, 2020; Fragedaki *et al.*, 2020). Os ensaios que se destacam para a análise do solo são: análise granulométrica, teor de umidade, limites de consistência (liquidez, plasticidade e contração), massa específica e curva de compactação.

d) Análise sísmica

As estruturas de taipa de pilão, normalmente, apresentam baixa resistência aos esforços de tração e flexão, sendo necessária maior atenção no uso da técnica em regiões de abalos sísmicos (Neves; Faria, 2011). Silva *et al.* (2017) e Barros *et al.* (2018) buscam compreender como as construções de taipa de pilão se comportam aos abalos sísmicos através de estudos de casos nas regiões estudadas. Os primeiros avaliam as construções com base nas características geométricas, no risco sísmico local e no comportamento do material através de testes destrutivos de compressão em amostras representativas das construções e de testes sônicos não destrutivos. Já Barros *et al.* (2018), analisam o comportamento através de um modelo numérico dos edifícios desenvolvido por um *software* de elementos finitos. Ambos os autores ressaltam que os elementos tradicionais das construções, como paredes grossas, plantas e elevações regulares e o uso de reforços como contraventos e tirantes são de grande relevância no comportamento sísmico, o que ressalta a importância dos conhecimentos tradicionais na melhoria das técnicas. Ademais, Angulo-Ibáñez (2017) confirma a importância desses reforços, analisando a influência da madeira nos cantos das construções, a qual pode aumentar significativamente a resistência global do edifício. Bo Liu (2018) também avalia o uso de reforços nas construções através de testes de compressão de prismas de taipa de pilão e de teste de mesa de agitação com

protótipos reforçados com colunas e vigas finas de concreto, concluindo que os mesmos são adequados para a construção com taipa de pilão.

e) *Influência da água*

Frangedaki *et al.* (2020) concluíram que a água exerce um importante papel na restauração de estruturas por meio de argamassas e rejuntas, visto que superfícies molhadas melhoram a adesão dos revestimentos na construção, devendo se atentar apenas com o tempo que a superfície permanecerá molhada, pois a sua influência se modifica de acordo com a técnica de revestimento utilizada. A influência da água no comportamento mecânico das estruturas de taipa de pilão foi analisada por Araldi *et al.* (2018) que propuseram a avaliação de alguns parâmetros de um modelo constitutivo baseado na teoria elasto-plástica (CJS-RE) através de testes de tração, compressão e extensão, constatando-se que alguns parâmetros como o módulo de elasticidade e a resistência à compressão diminuíram conforme o aumento da quantidade de água, que a resistência a tração não apresentou linearidade com esse aumento e que os parâmetros de dissimetria e raio médio de cisalhamento da superfície de falha não apresentaram dependência da água, concluindo-se com a necessidade de mais estudos para validação dos resultados. Rempel e Rempel (2019) analisaram a resiliência mecânica à geada das construções com taipa de pilão, constatando-se que a mesma se compara favoravelmente com a resiliência das construções convencionais de concreto e tijolo.

f) *Restauração de construções históricas*

O restauro de obras de taipa de pilão é um processo complexo pois nem sempre a instalação da forma e o empilhamento vertical é possível (López-Osorio *et al.*, 2020). O uso de argamassa ou rejunte de terra foi analisado pelos autores dos três artigos. López-Osorio *et al.* (2020) realizaram experimentos em campo e em laboratório a fim de determinar a melhor composição da mistura do solo com aditivos naturais, contando com receitas tradicionais da região, para ser utilizada como revestimento e também na reposição de um tecido de taipa de pilão de uma construção histórica. Frangedaki *et al.* (2020) buscaram comparar as técnicas de rejuntamento e de argamassas de terra na reconstituição de fissuras de paredes de taipa de pilão, utilizando cada técnica conforme o tamanho da fissura, concluindo que a água exerce papéis diferentes em relação a cada uma das técnicas. Já Gomes *et al.* (2016) compararam quatro tipos de solos (um comercial e três coletados de paredes de taipa de pilão locais) a fim de produzir argamassas para reparação de paredes de taipa de pilão concluindo que para a reparação de paredes de taipa de pilão não estabilizada é mais apropriado o uso de argamassas também não estabilizadas, apresentando, também, maiores benefícios na conservação das estruturas históricas.

g) *Custos*

A análise dos custos foi feita comparando a construção de taipa de pilão com a construção convencional de concreto armado. No estudo apresentado por Totla *et al.* (2019), os custos foram estimados para protótipos de construções e enfatizou-se que a técnica de taipa de pilão é mais econômica. Já Van Der Linden *et al.* (2019), através de uma análise de obras recém construídas, ressaltam que a construção com taipa de pilão não possui, necessariamente, vantagens econômicas em relação à construção contemporânea e que fatores como a produção padronizada e industrializada das estruturas podem contribuir na redução dos custos.

h) *Deficiências nas construções*

Baiche *et al.* (2017) investigaram antigos edifícios construídos com terra e casas contemporâneas construídas com taipa de pilão estabilizada a fim de comparar as deficiências de resistência e durabilidade nas mesmas. Os autores enfatizam que, em muitos casos, tanto as habitações antigas quanto as modernas apresentam irregularidades e indicam que, mesmo que a terra seja testada como adequada para a construção, fatores

como o desenho arquitetônico, o sistema construtivo, a combinação de materiais e componentes, a mão de obra e a manutenção devem ser avaliados com cuidado.

i) *Micromorfologia*

O método de micromorfologia do solo foi utilizado por Hamard *et al.* (2020) com o intuito de distinguir a técnica construtiva utilizada em paredes monolíticas. A partir da análise de dados de construções com taipa de pilão e com cob, os autores concluíram que é possível distinguir as duas técnicas através das características micromorfológicas que diferenciam o estado de fabricação do material e da sua organização na parede. Logo, este método se mostra relevante na caracterização de construções históricas de terra.

j) *Controle de qualidade*

Uma metodologia para o controle de qualidade da construção de taipa de pilão é necessária devido ao fato de haver poucos regulamentos sobre a técnica. Logo, Canivell *et al.* (2020), propõem um procedimento que se baseia em uma abordagem estatística da resistência mecânica para o controle de qualidade durante o processo de construção com taipa de pilão através do Teorema do Limite Central, mesma distribuição probabilística utilizada para padronizar o controle de qualidade do concreto.

5 CONCLUSÃO

As técnicas construtivas com terra são amplamente utilizadas em diversas partes do mundo. De acordo com o processo de pesquisas e filtragens mencionado no trabalho, nota-se uma pluralidade de países em que os estudos estão sendo publicados, reforçando a permanência e relevância do tema.

Em relação ao tipo de técnicas mais publicadas em periódicos categorizados como “acesso aberto”, há maior destaque da taipa de pilão, seguido dos blocos de terra comprimida, em relação às demais, observando-se que tanto a forma monolítica de construção quanto a de alvenaria compõem o interesse acadêmico.

Com isso, constatou-se que a taipa de pilão, como técnica mais investigada pelas pesquisas, abrange diversos temas. Os estudos de micromorfologia, de análises de deficiências, de observação sísmica e de restauração de construções, se mostram relevantes para a conservação e manutenção de estruturas históricas, além de contribuir para um maior entendimento da técnica para a utilização futura. A análise e o aprimoramento da técnica para a sua melhor adequação na construção contemporânea também se faz presente, principalmente nos trabalhos que abordam o comportamento térmico, a avaliação mecânica de taipa de pilão estabilizada, a caracterização geotécnica, a influência da água, os custos e o controle de qualidade. Observa-se que as investigações da técnica de taipa de pilão são realizadas por meio de diferentes metodologias e muitas pesquisas são realizadas a partir de estudos de casos específicos, que possuem características inerentes e que dificultam a sua difusão para outros estudos.

Logo, com o presente trabalho, pôde-se concluir que a literatura busca compreender melhor a utilização da terra como material construtivo, abordando diferentes assuntos como foco de pesquisa que auxiliam tanto na conservação de estruturas históricas quanto na construção de estruturas futuras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANGULO-IBÁÑEZ, Quiteria (2017). Performance analysis of wooden reinforcement in rammed earth walls. *Periodica Polytechnica Civil Engineering*, [S.L.], v. 61, n. 4, p. 882-888, 9 maio 2017. *Periodica Polytechnica Budapest University of Technology and Economics*. <http://dx.doi.org/10.3311/ppci.9236>.

ARALDI, Evandro; VINCENS, Eric; FABBRI, Antonin; PLASSIARD, Jean-Patrick (2018). Identification of the mechanical behaviour of rammed earth including water content influence. *Materials And*

Structures, [S.L.], v. 51, n. 4, 22 jun. 2018. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1617/s11527-018-1203-2>.

BAICHE, Bousmaha; OSMANI, Mohamed; WALLIMAN, Nicholas; OGDEN, Raymond (2017). Earth construction in Algeria between tradition and modernity. *Proceedings Of The Institution Of Civil Engineers - Construction Materials*, [S.L.], v. 170, n. 1, p. 16-28, fev. 2017. Thomas Telford Ltd.. <http://dx.doi.org/10.1680/jcoma.15.00048>.

BALAGUER, Laura; LÓPEZ-MANZANARES, Fernando Vegas; MILETO, Camilla; GARCÍA-SORIANO, Lidia (2019). Assessment of the thermal behaviour of rammed earth walls in the summer period. *Sustainability*, [S.L.], v. 11, n. 7, 1 abr. 2019. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/su11071924>.

BARROS, Ricardo; RODRIGUES, Hugo; VARUM, Humberto; COSTA, Aníbal; CORREIA, Mariana. (2018). Seismic analysis of a portuguese vernacular building. *Journal Of Architectural Engineering*, [S.L.], v. 24, n. 1, mar. 2018. American Society of Civil Engineers (ASCE). [http://dx.doi.org/10.1061/\(asce\)ae.1943-5568.0000258](http://dx.doi.org/10.1061/(asce)ae.1943-5568.0000258).

BASANNA, Nagaraj Honne; SHIVAPRAKASH, Shaivan Hirebelaguly; BHIMAHALLI, Arunkumar; PARAMESHWARAPPA, Prasanna Kumar; GAUDIN, Jeremie (2020). Role of Stabilizers and Gradation of Soil in Rammed Earth Construction. *Journal Of Materials In Civil Engineering*, [S.L.], v. 32, n. 5, maio 2020. American Society of Civil Engineers (ASCE). [http://dx.doi.org/10.1061/\(asce\)mt.1943-5533.0003112](http://dx.doi.org/10.1061/(asce)mt.1943-5533.0003112).

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (2008). *Curso de bioconstrução*. Texto elaborado por Cecília Prompt. Brasília: MMA.

CANIVELL, Jacinto; RIO, Juan Jesús Martín-del; FALCÓN, Raúl M; BELLIDO, Carlos Rubio (2020). *Rammed Earth Construction: A Proposal for a Statistical Quality Control in the Execution Process*. *Sustainability*. [S.L.], v.12, n.7, 2020.

CBCS; PNUMA; Ministério do Meio Ambiente (2014). *Aspectos da construção sustentável no Brasil e promoção de políticas públicas*. Brasil: CBCS; PNUMA; Ministério do Meio Ambiente

CHEIKHI, Wical; BABA, Khadija; LAMRANI, Sidi Mohamed; NOUNAH, Abderrahmane; KHALFAOUI, Mohamed; BAH, Lahcen (2018). Study of indoor performances of a building using Rammed earth. *Matec Web Of Conferences*, [S.L.], v. 149, 2018. EDP Sciences. <http://dx.doi.org/10.1051/mateconf/201714902089>.

CHEIKHI, Wical; BABA, Khadija; NOUNAH, Abderrahman; CHERRADI, Choukri (2020). Effect of adding insulation on the energy performances of rammed earth buildings in hot and arid climates. *E3S Web Of Conferences*, [S.L.], v. 150, 2020. EDP Sciences. <http://dx.doi.org/10.1051/e3sconf/202015001011>.

CORDEIRO, Carol Cardoso Moura; BRANDÃO, Douglas Queiroz; DURANTE, Luciane Cleonice; CALLEJAS, Ivan Julio Apolônio; CAMPOS, Caio Augusto Barbosa de (2020). Caracterização termofísica de solo laterítico para produção de taipa. *Matéria (Rio de Janeiro)*, [S.L.], v. 25, n. 1, 2020. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1517-707620200001.0889>.

FERNANDES, Jorge; MATEUS, Ricardo; GERVÁSIO, Helena; SILVA, Sandra M.; BRAGANÇA, Luís (2020). Passive strategies used in Southern Portugal vernacular rammed earth buildings and their influence in thermal performance. *Renewable Energy*, [S.L.], v. 142, p. 345-363, nov. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2019.04.098>.

FRANGEDAKI, Evangelia; GAO, Xihong; LAGAROS, Nikos D.; BRISEGHHELLA, Bruno; MARANO, Giuseppe Carlo; SARGENTIS, G. Fivos; MEIMAROGLOU, Nikiforos (2020). Fujian Tulou rammed earth structures: optimizing restoration techniques through participatory design and collective practices. *Procedia Manufacturing*, [S.L.], v. 44, p. 92-99, 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.promfg.2020.02.209>.

GIUFFRIDA, G; CAPONETTO, R; CUOMO, M. (2019). An overview on contemporary rammed earth buildings: Technological advances in production, construction and material characterization. *Iop Conference Series: Earth And Environmental Science*, Milan, Italian, v. 296, set. 2019.

GOMES, Maria Idália; GONÇALVES, Teresa Diaz; FARIA, Paulina (2016). Hydric behavior of earth materials and the effects of their stabilization with cement or lime: study on repair mortars for historical rammed earth structures. *Journal Of Materials In Civil Engineering*, [S.L.], v. 28, n. 7, jul. 2016. American Society of Civil Engineers (ASCE). [http://dx.doi.org/10.1061/\(asce\)mt.1943-5533.0001536](http://dx.doi.org/10.1061/(asce)mt.1943-5533.0001536).

- HAMARD, Erwan; CAMMAS Cecília; LEMERCIER, Blandine; CAZACLIU, Bogdan; MOREL, Jean-Claude (2020). Micromorphological description of vernacular cob process and comparison with rammed earth. *Frontiers of Architectural Research*. [S.L.], v. 9, n. 1, p. 203-215, mar. 2020.
- HALLAL, Mohamad M.; SADEK, Salah; NAJJAR, Shadi S. (2018). Evaluation of Engineering Characteristics of Stabilized Rammed-Earth Material Sourced from Natural Fines-Rich Soil. *Journal Of Materials In Civil Engineering*, [S.L.], v. 30, n. 11, nov. 2018. American Society of Civil Engineers (ASCE). [http://dx.doi.org/10.1061/\(asce\)mt.1943-5533.0002481](http://dx.doi.org/10.1061/(asce)mt.1943-5533.0002481).
- HEGEDIŁ, Ivan; KARAMAN, Golub; ĆEH, Arpad; ĐURIĆ, Neđo; KUKARAS, Danijel; VUNJAK, Danilo. (2017). Energy sustainability of rammed earth buildings. *Archives For Technical Sciences*, [S.L.], v. 1, n. 17, 31 out. 2017. National and University Library of the Republic of Srpska. <http://dx.doi.org/10.7251/afts.2017.0917.039h>.
- HOUBEN, Hugo; GUILLAND, Hubert (1996). *Earthen architecture*. The Courier, Mali, v. 159, set. 1996. Disponível em: <http://gti.greenstone.org/cgi-bin/library.cgi?e=d-00000-00---off-0demo--00-1----01-10-00---0---0prompt-10----4-----0-1l--10-en-50---1-20-about---00-3-1-00-00--4--0--0-0-01-10---0utfZz-8-00&cl=CL1&d=ec159e.10.1>=1>. Acesso em: 01 ago. 2020.
- JENTSCH, Mark F.; KULLE, Christoph; BODE, Tobias; PAUER, Toni; OSBURG, Andrea; TENZIN; NAMGYEL, Karma; EUTHRA, Karma; DUKJEY, Jamyang; TENZIN, Karma (2017). Field study of the building physics properties of common building types in the Inner Himalayan valleys of Bhutan. *Energy For Sustainable Development*, [S.L.], v. 38, p. 48-66, jun. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.esd.2017.03.001>.
- LÓPEZ-OSORIO, J. M.; BEL-ANZUÉ, P. (2020). Experimental consolidation works in rammed earth wall: the case of the bañuelo in Granada (Spain). *Isprs - International Archives of The Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, [S.L.], v. --1-2020, p. 1103-1110, 24 jul. 2020. Copernicus GmbH. <http://dx.doi.org/10.5194/isprs-archives-xliv-m-1-2020-1103-2020>.
- LINDEN, J van Der; JANSSENS, B; KNAPEN, E. (2019). Potential of contemporary earth architecture for low impact building in Belgium. *Iop Conference Series: Earth and Environmental Science*, [S.L.], v. 323, n. 1, 6 set. 2019. IOP Publishing. <http://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/323/1/012018>.
- MINKE, G. (2015). *Manual de construção com terra: uma arquitetura sustentável*. São Paulo: B4.
- MINKE, Gernot (2005). *Manual de construcción en tierra: la tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual*. 2. ed. Montevideo: Fin de Siglo.
- NEVES, Célia; FARIA, Obede Borges (Org.). *Técnicas de construção com terra*. Bauru, SP: FEB-UNESP/PROTERRA, 2011. 79p. Disponível em https://www.promemoria.indaiatuba.sp.gov.br/arquivos/proterra-tecnicas_construcao_com_terra.pdf#page=16. Acessado em ago. 2020.
- REMPEL, Alan W.; REMPEL, Alexandra R. (2019). Frost resilience of stabilized earth building materials. *Geosciences*, [S.L.], v. 9, n. 8, p. 328-0, 26 jul. 2019. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/geosciences9080328>.
- SERRANO, Susana; GRACIA, Alvaro de; CABEZA, Luisa F. (2016). Adaptation of rammed earth to modern construction systems: comparative study of thermal behavior under summer conditions. *Applied Energy*, [S.L.], v. 175, p. 180-188, ago. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.05.010>.
- SERRANO, Susana; RINCÓN, Lúcia; GONZÁLEZ, Belen; NAVARRO, Antonia; BOSCH, Montserrat; CABEZA, Luisa F. (2017). Rammed earth walls in Mediterranean climate: material characterization and thermal behaviour. *International Journal Of Low-Carbon Technologies*, [S.L.], v. 12, n. 3, p. 281-288, 2017. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.1093/ijlct/ctw022>.
- SILVA, Rui A.; MENDES, Nuno; OLIVEIRA, Daniel V.; ROMANAZZI, Antonio; DOMÍNGUEZ-MARTÍNEZ, Oriol; MIRANDA, Tiago (2018). Evaluating the seismic behaviour of rammed earth buildings from Portugal: from simple tools to advanced approaches. *Engineering Structures*, [S.L.], v. 157, p. 144-156, fev. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.engstruct.2017.12.021>.
- SURESH, Abhirami; ANAND, K. B. (2017). Strength and durability of rammed earth for walling. *Journal Of Architectural Engineering*, [S.L.], v. 23, n. 4, dez. 2017. American Society of Civil Engineers (ASCE). [http://dx.doi.org/10.1061/\(asce\)ae.1943-5568.0000281](http://dx.doi.org/10.1061/(asce)ae.1943-5568.0000281).
- TOTLA, Pavan; SADWILKAR, Maurya; MORE, Samidha; KALLADA, Blessy; KALLADA, Blessy; PURANIK, Akshata (2019). Sustainable rammed earth structure: a structurally integral, cost-effective

and eco-friendly alternative to conventional construction material. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, [S.L.], v. 8, n. 11, p. 453-458, 11 out. 2019. Blue Eyes Intelligence Engineering and Sciences Engineering and Sciences Publication - BEIESP. <http://dx.doi.org/10.35940/ijitee.k1077.09811s19>.

ZHOU, Tiegang; LIU, Bo (2019). Experimental study on the shaking table tests of a modern inner-reinforced rammed earth structure. *Construction And Building Materials*, [S.L.], v. 203, p. 567-578, abr. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.01.070>.

AUTORES

Mychelly Katllyn Dias, graduanda em engenharia civil na Universidade Federal de Itajubá. Colaboradora no Núcleo Estratégico Interdisciplinar em Resiliência Urbana e pesquisadora do Projeto Casa da Terra.

Guilherme Prado Alves, doutorando em Sustentabilidade pela Escola de Artes, Ciências e Humanidades (EACH) da Universidade de São Paulo, mestre em Desenvolvimento, Tecnologias e Sociedade pela Universidade Federal de Itajubá (2021) e engenheiro ambiental pela Universidade Federal de Itajubá (2019). Colaborador no Grupo de Pesquisa em Planejamento e Gestão Ambiental (PLANGEA).

Daniele Ornaghi Sant'Anna, doutora em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade de São Paulo (2015), mestre em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade de São Paulo (2007), especialização em conforto ambiental e conservação de energia pela Universidade de São Paulo (2004), graduação em Arquitetura e Urbanismo pela universidade São Marcos (2001). Atualmente é professora adjunta da Universidade Federal de Itajubá. Coordenadora do curso de pós-graduação de Desenvolvimento, Tecnologia e Sociedade da Universidade Federal de Itajubá (2018-) e professora permanente do programa (2017-). Professora colaboradora do curso de pós-graduação em Engenharia de Energia. Pesquisadora do NUSUS – Núcleo de Sistemas Urbanos Sustentáveis, do Grupo de Pesquisa em Desenvolvimento, Tecnologias e Sociedade, do Grupo de Planejamento Urbano e Gestão e do Núcleo Travessia – Núcleo de Pesquisa, Extensão e Apoio à Agricultura Familiar e Desenvolvimento Rural. Tem experiência na área de arquitetura e urbanismo, com ênfase em planejamento urbano e ambiental, conforto ambiental, projetos arquitetônicos sustentáveis, planejamento urbano e ambiental.



CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-MECÂNICA DE SOLO-CIMENTO ORIUNDO DO MUNICÍPIO DE SÃO CARLOS (SC)

Anderson Renato Vobornik Wolenski¹; Allan Guimarães Borçato²; Caroline Leal Faccin³; Mateus Henrique Kipper⁴

Curso de Engenharia Civil, IFSC – Instituto Federal de Santa Catarina, campus São Carlos, SC, Brasil,

¹anderson.wolenski@ifsc.edu.br; ²allan.borcato@ifsc.edu.br; ³carol.leal1011@gmail.com; ⁴mateus_kipper@hotmail.com

Palavras-chave: terra, sustentabilidade, propriedades físicas e mecânicas.

Resumo

Pesquisas com o compósito solo-cimento – comprimido, compactado ou autoadensável – compartilham dos mesmos esforços para romper o paradigma da construção civil que visualiza, nos materiais tradicionais e não renováveis, a única forma exitosa em uma edificação. Tais estudos justificam e influenciam fortemente uma agenda ambiental positiva, ao adotar a terra como componente construtivo principal em paredes monolíticas para edificações sustentáveis. Neste contexto, este trabalho objetiva selecionar, corrigir e caracterizar o solo encontrado no município de São Carlos (SC), a partir de experimentos que atestem sua aplicabilidade como solo-cimento compactado. Para tanto é fundamental conhecer as características físico-mecânicas do solo "in loco", para verificar sua conformidade em termos de coesão, umidade, compactação, granulometria e resistência mecânica à compressão. Os resultados foram pautados na inovação tecnológica, do ponto de vista técnico e sustentável, para a criação de uma nova cadeia produtiva na região oeste catarinense, a fim de incorporar a caracterização inicial do solo realizada neste trabalho, em futuras estruturas de paredes monolíticas de solo-cimento compactado, que tem ganhado um relevante espaço em construções contemporâneas com forte influência sobre os aspectos sustentáveis cada vez mais imprescindíveis para o setor da construção civil.

1 INTRODUÇÃO

As técnicas que usam o compósito solo-cimento como principal material constituinte em uma edificação possuem em comum a minimização dos impactos ambientais negativos, frente a insumos tradicionais e não renováveis, como o cimento e aço que despontam como grandes vilões do efeito estufa, ao gerar grandes quantidades de CO₂ em sua manufatura. Assim, inserir a terra como principal componente construtivo, influencia diretamente em estratégias sustentáveis positivas para a cadeia produtiva da construção civil.

Neste contexto, inserir um material extraído *in loco*, tal como o solo local da própria área edificada, representa um impacto positivo na redução dos custos totais da obra, pois contribui diretamente na redução do consumo energético durante a construção, somada a uma melhora significativa do conforto térmico e acústico, entre outros fatores que buscam incorporar o conceito da Arquitetura km 0 e que vem sendo objeto de estudos recentes em todo mundo. Segundo Milani e Barboza (2016), muitas pesquisas são voltadas para a confecção de tijolos ou blocos que adotam a técnica de prensagem ou da compactação do material, para produzir paredes de vedação. Em comum, tais técnicas compartilham da estabilização do solo, a partir da incorporação mínima de cimento ou da cal, de modo a se tornar uma importante alternativa às matérias-primas tradicionais da construção civil, cada vez mais escassas e com custos crescentes.

De acordo com Sakr *et al.* (2010), a construção civil é uma das atividades econômicas que mais consomem matérias-primas virgens em seus processos, o que tem gerado crescentes impactos ambientais, resultante do consumo e descarte de bens naturais ou manufaturados, da ampla ocupação e modificação da paisagem, bem como da degradação e poluição

ambiental. Notadamente, o ciclo da cadeia produtiva de uma edificação se torna corresponsável numa rede de transformação dos insumos, em uma extensa gama de resíduos, produzidos antes, após e durante as distintas etapas de uma construção.

Quando estes são gerenciados de forma incorreta, sem considerar o ciclo de vida do material e dispostos inadequadamente na natureza, continuam causando impactos ambientais negativos, tais como degradação do solo, comprometimento dos corpos hídricos superficiais e lençóis freáticos, obstrução dos sistemas de drenagem, intensificação de enchentes, degradação da paisagem urbana e ocupação de vias e logradouros públicos (Yeheyis *et al.*, 2013; Passuelo *et al.*, 2014).

Milani (2008) afirma que com o advento dos materiais industrializados, problemas ambientais, escassez dos recursos energéticos e problemas sócio-econômicos, como a grande demanda de habitações e falta de materiais de construção tradicionais, levaram à imperiosa necessidade de novos estudos em busca de novas alternativas, especialmente aquelas voltadas para o aproveitamento racional dos recursos naturais locais o que leva ao resgate do uso do solo como material de construção.

A incorporação dos ditos Materiais Km 0 tem contribuído para mudar este paradigma cíclico da construção civil. Estes materiais podem ser adquiridos localmente, sem necessidade de serem transformados e, no fim da vida útil, podem ser devolvidos ao meio ambiente (Souza, 2021). Esta nova visão sistêmica, sobre a manufatura e uso dos materiais de uma edificação, resulta em um necessário movimento por insumos locais, que incorporem uma industrialização mínima. Tal abordagem, incluída na denominada Arquitetura Km 0, busca proporcionar construções mais sustentáveis, saudáveis, econômicas e socialmente acessíveis e identificadas com o próprio território da edificação.

Exemplos exitosos demonstram as inúmeras possibilidades do uso da Terra como principal material edificante. A casa vernácula do XXI (Visus, 2016) inspirou-se nas antigas construções de barro quanto à sua orientação, morfologia e uso de materiais locais e da técnica milenar em tapia calicostrada baseada na construção de paredes principais de terra não manufaturada, com acréscimos de palha para um maior conforto térmico. Uma análise do ciclo de vida mostrou uma redução de 50% nas emissões de CO₂, com materiais locais como pedra, terra e palha dispostos todos no Km 0. Já na Casa Ter (Mesura, 2019) as paredes, feitas com materiais Km 0, adotaram uma mistura de concreto e pedras do rio próximo, além de uma cerâmica de tradição cultural local.

De modo análogo, a pesquisa aqui proposta permeia questões de cunho técnico, baseadas nos aspectos sustentáveis ao seguir um conceito novo, mas que mundialmente tem cada vez mais se consolidado, denominado como Arquitetura km 0, termo que ainda busca uma colocação na área da construção civil. Segundo Souza (2021) a própria palavra sustentabilidade enfrentou alguma resistência até ser incorporada no vocabulário e adotada largamente nos mais diversos contextos e, atualmente, o termo Materiais Km 0 têm figurado em manifestos e projetos da construção civil em todo globo.

Nessa linha de materiais sustentáveis, exemplos da arquitetura em terra crescem cada vez mais por todo mundo e, neste sentido, Pinto e Faria (2016) corroboram ao afirmar que estudos, visando o aperfeiçoamento das técnicas de construção com terra, são cada vez mais importantes, tanto para melhorar a qualidade de novas construções, atendendo os atuais requisitos da construção civil, quanto para a preservação do patrimônio arquitetônico, com inúmeros exemplares construídos com terra.

Somado a esta questão, Correia *et al.* (2014) propõe três princípios, Ambiental, Sociocultural e Socioeconômico, como essenciais para a sustentabilidade. Embora tais conceitos tenham grande amplitude de aplicação, o estudo do material solo-cimento compactado, foco da presente pesquisa, buscou um enquadramento neste tripé Ambiental-Cultural-Econômico, ao adotar materiais extraídos *in loco*, mais precisamente de solos encontrados no município de São Carlos, região oeste do Estado de Santa Catarina, a fim de seguir o conceito de materiais Km 0 e agregar tecnologia na caracterização físico-mecânica do solo-cimento compactado, visando seu futuro uso em paredes autoportantes de taipa de pilão.

Esta visão sustentável contribui para fundamentar o presente artigo, que objetiva caracterizar, do ponto de vista físico-mecânico, o material solo-cimento, em âmbito laboratorial, como forma futura de viabilizar a técnica construtiva da taipa compactada estabilizada, em âmbito comercial, seja por empresas e indústrias da construção civil ou por profissionais que buscam incorporar a nova Arquitetura Km 0 em projetos para edificações mais sustentáveis na região oeste de Santa Catarina.

Em adição, podem-se citar como objetivos específicos: (1) analisar os aspectos físicos do material solo-cimento, tais como composição granulométrica, limites de liquidez e plasticidade, densidade e umidade; (2) analisar o comportamento mecânico do composto solo-cimento compactado, a partir de corpos de prova moldados com compactação e teor de umidade ótimos; e (3) ter subsídios para uma futura incorporação do material solo-cimento compactado, elaborado com solo encontrado em São Carlos (SC), na comunidade técnica da construção civil local.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

As etapas experimentais, da pesquisa aqui proposta, demandam do correto procedimento metodológico intrínseco de cada ensaio, assim como, devem seguir rigorosamente as normas técnicas de classificação constituinte do solo-cimento compactado.

Neste sentido, todo procedimento metodológico deste trabalho esteve pautado em normas relacionadas à caracterização físico-mecânica dos materiais solo, cimento e agregado miúdo, além de trabalhos científicos (normatizados e/ou empíricos) que auxiliaram no entendimento das metodologias aqui adotadas. Destaca-se a ausência de norma técnica específica para o solo-cimento, seja este, compactado ou autoadensado, com uso exclusivo de solo ou estabilizado com cimento, cal ou qualquer outro estabilizante que propicie coesão entre as partículas da mistura. Logo, as discussões no âmbito da CE-02:123.09 – Comissão de Estudo de Construções com Terra, atualmente em fase de discussões entre engenheiros, arquitetos, bioconstrutores e empresas do setor, foram adotadas como ponto de partida para o presente estudo.

Na seqüência, tem-se o detalhamento dos ensaios físicos e mecânicos deste estudo.

2.1 Características físicas

Este artigo partiu da seleção e correção do solo encontrado na região do extremo oeste catarinense, mais precisamente, no município de São Carlos. Deve-se atentar aos experimentos necessários para atestar sua aplicabilidade. Para tanto foi fundamental conhecer as características físicas do solo (extraído *in loco*), para verificar sua conformidade em termos de coesão, compactação e composição granulométrica.

Durante a extração descartou-se uma primeira parcela de solo, com características estritamente orgânicas. Para o solo coletado, verificou-se a distribuição granulométrica, índices de liquidez e plasticidade. Estes ensaios iniciais apontaram a necessidade de correção granulométrica do solo obtido a partir da adição de agregados miúdos, sendo a areia natural fina adotada neste estudo. O termo solo-mistura, portanto, refere-se à mistura do solo com areia necessária para melhoramento da distribuição granulométrica e melhor empacotamento das partículas.

Os limites de consistência do solo foram determinados para avaliar o comportamento do mesmo perante à água. Foram determinados os limites de plasticidade conforme determina a NBR 7180 (2016) e o limite de liquidez, normatizado pela NBR 6459 (2016).

O ensaio de análise granulométrica NBR 7181 (2016) foi realizado para determinar as frações fina e grossa presente no solo estudado. Além disso, realizou-se o ensaio de densidade real dos grãos dos solos conforme DNER ME 093 (1994).

2.2 Características mecânicas

2.2.1 Moldagem dos corpos de prova

Os CPs 10x10 cm foram moldados por compactação, com três camadas de mesma altura e compactadas com 10 golpes por camada NBR 12023 (2012). O solo-cimento foi espalhado dentro do molde para CPs de 10x20 cm, com quantidade suficiente para produzir uma camada compactada de mesma altura, dentre as três camadas necessárias até atingir uma altura total de 10 cm. O solo foi compactado de igual maneira entre as camadas e para os diferentes CPs, de modo a não propiciar o aumento da variabilidade dos valores entre amostras. Para cada camada, a superfície foi escarificada antes de receber a camada subjacente, visando propiciar a aderência entre as superfícies de cada camada.

2.2.2 Ensaio para resistência mecânica à compressão

Foram confeccionados cinco CPs de 10x10 cm para determinação da resistência à compressão do solo-cimento compactado (f_{co}), conforme recomenda a norma NBR 12025 (2012), com uso de moldes cilíndricos de concreto com dimensões de 10x20 cm. Adotou-se uma taxa de incremento de tensão de (0,25±0,10) MPa/min, em uma prensa servo controlada com capacidade máxima de 1.000 kN (Intermetric iM Unique 2223[®]).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados e discussões foram divididos conforme a caracterização física e mecânica do solo-cimento compactado, fruto principal deste estudo. Ao longo dos resultados, quando se refere ao solo-mistura, faz-se referência a mistura de 50% de solo *in loco*, conforme ensaios da seção 3.1, em conjunto com 50% de areia natural fina, como forma de alcançar um melhor empacotamento das partículas e coesão durante o processo de compactação dos corpos de prova. Adicionados ao solo-mistura, adotou-se um percentual de 15% de cimento (CP II-E-32), como forma de melhorar a resistência mecânica à compressão das amostras. Destaca-se que a definição destes percentuais ainda é empírica e pautada em outros estudos já citados no capítulo inicial deste trabalho.

3.1 Características físicas

Na tabela 1 são apresentados dados referentes à granulometria, limites de consistência e peso específico dos sólidos, os quais foram realizados a fim caracterizar fisicamente o solo utilizado na pesquisa.

Tabela 1. Dados de caracterização física do solo utilizado na pesquisa.

Solos finos (partículas < 0,075mm)	Solos grossos (partículas ≥ 0,075mm)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	γ_{\square} (kN/m ³)	Local
86,22	13,78	49,2	38,9	10,3	27,10	São Carlos (SC)

Na figura 1 são apresentados os dados da granulometria do solo, areia e solo-mistura.

Percebe-se que o solo contém grande quantidade de material fino (partículas < 0,075mm). Esta característica é predominante de solos residuais de basalto da Formação Serra Geral, conforme relatado por Gutierrez *et al.* (2015), Menegotto *et al.* (2016) e Santos *et al.* (2016). Entretanto, ao realizar a mistura do solo, a qual resulta no solo-mistura que contém 50% de solo residual e 50% de areia, temos uma redução da quantidade de finos, onde este valor no solo-mistura é em torno de 57%.

A figura 2 apresenta o resultado do ensaio do limite de liquidez, o qual foi realizado conforme NBR 6459 (2016).

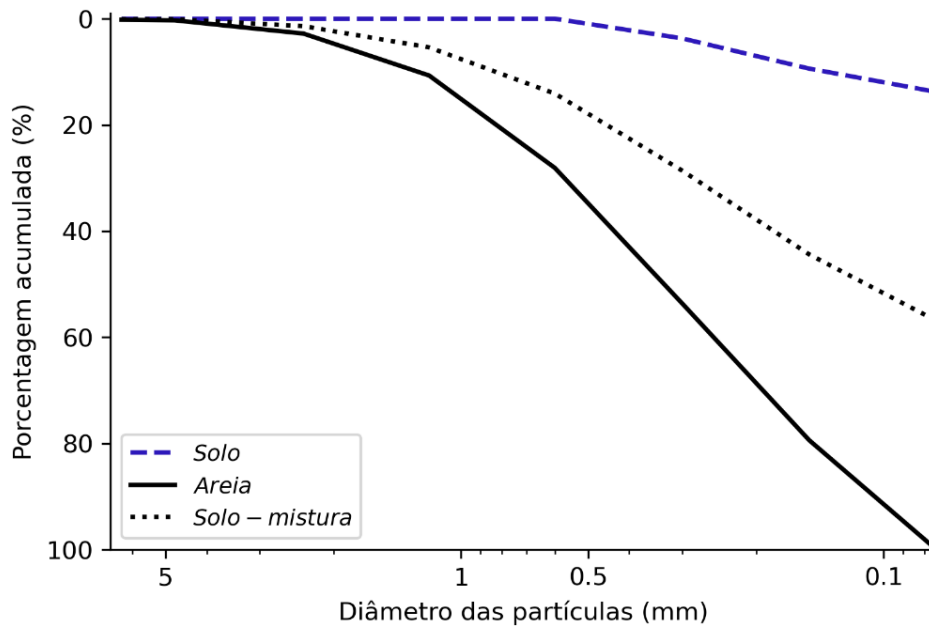


Figura 1. Resultado da análise granulométrica por peneiramento para o solo, areia e solo-mistura.

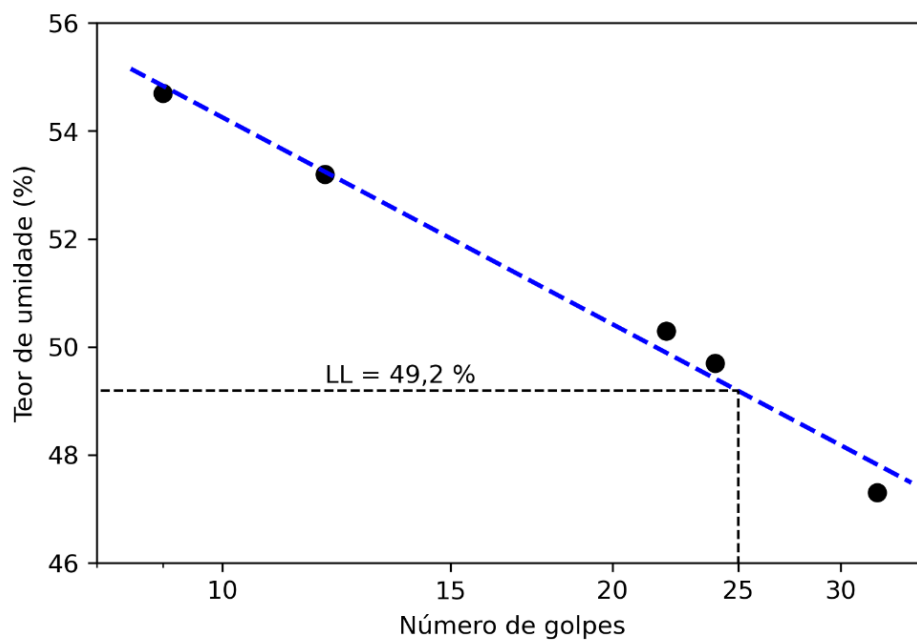


Figura 2. Resultado do ensaio para o limite de liquidez

Para os limites de consistência, os resultados apresentados na tabela 1 e figura 2 mostram que o grande percentual de partículas finas presente no solo induzem a elevados teores de umidade para o limite de liquidez e o limite de plasticidade. Essa característica também é predominante de solos residuais de basalto da Formação Serra Geral (tabela 2).

Tabela 2. Dados de caracterização física de solos residuais de basalto da Formação Serra Geral.

Autor	Argila (%)	Silte (%)	Areia (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	γ_{\square} (kN/m ³)	Local
Gutierrez <i>et al.</i> (2015)	-	-	-	57	39	18	30,2	Maringá - PR
Menegotto <i>et al.</i> (2016)	84	13	3	54	38	16	27,5	Chapecó - SC
Santos <i>et al.</i> (2016)	61,8	27,7	1,6	56	25	31	27,5	Cel. Barros - RS

Em suma, os dados obtidos são similares aos de Gutierrez *et al.* (2015), Menegotto *et al.* (2016) e Santos *et al.* (2016), os quais realizaram uma caracterização física de solos residuais de basalto da Formação Serra Geral.

3.2 Características mecânicas

Para estabilização intergranular e melhor empacotamento das partículas do solo-mistura, adotou-se um percentual de adição de cimento CP II-E-32 de 15%, em relação à massa total de solo-mistura, a fim de obter um material de baixa permeabilidade, elevada densidade e capacidade de carga mínima para atestar seu uso em paredes, inicialmente, sem função estrutural. A mistura destes materiais (solo, areia e cimento) submetida ao estado ótimo de compactação, é o que se denomina neste trabalho de solo-cimento compactado.

Para realização dos ensaios de resistência mecânica à compressão do solo-cimento compactado, a confecção dos corpos de prova seguiu um processo de mistura manual, conforme sequência ilustrada na figura 3. O solo-mistura foi adotado em seu estado seco, com adição de 15% de cimento, seguida da mistura manual dos materiais e com adição de água, a fim de atingir a umidade ótima de compactação para esta mistura.



Figura 3. Procedimento de mistura do solo-cimento: (a) solo com 15% de cimento, (b) mistura do solo-cimento seco, (c) adição de água em uma mistura homogênea, e (d) solo-cimento pronto para moldagem dos corpos de prova.

Foram confeccionados cinco corpos de prova cilíndricos (10×10 cm), rompidos para a idade de 21 dias, como forma de obter a resistência mecânica à compressão. A figura 4 ilustra os corpos de prova moldados, durante e após o rompimento.

A figura 5 apresenta os resultados do ensaio da resistência à compressão para cinco corpos de prova, com a verificação estatística relativa ao valor médio ($f_{c0}=1,62$ MPa), desvio padrão ($Sd = 0,14$) e coeficiente de variação ($CV\%=8,93\%$), assim como o intervalo de confiança para 95% da média.



Figura 4. Corpos de prova elaborados para o ensaio de resistência mecânica: (a) após desmoldagem, (b) em processo de cura, (c) durante o rompimento, e (d) após o rompimento

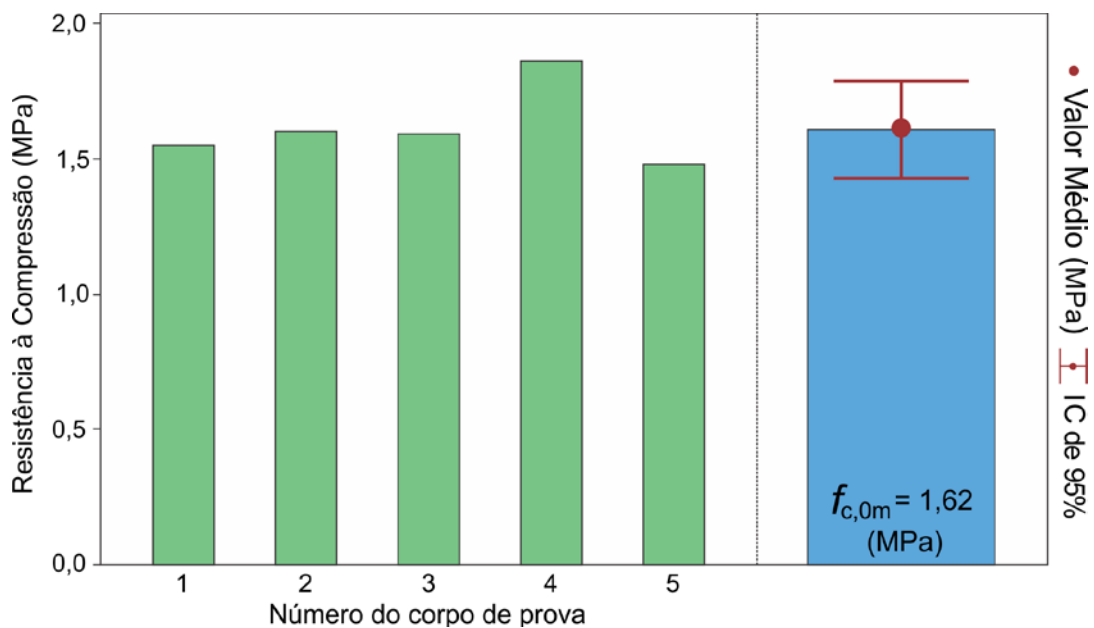


Figura 5. Resultados para resistência mecânica à compressão para cinco corpos de prova com traço de 50% de solo e 50% de areia e teor de 15% de cimento.

Algumas ponderações são importantes de serem elucidadas acerca do processo de mistura, compactação e rompimento dos corpos de prova de solo-cimento compactado:

- 1) O resultado para $f_{c,0m}$ alcançou um CV(%) inferior a 10%, considerado ótimo para definição dos valores característicos para uma determinada amostra. Como comparativo, para madeiras e concretos, as respectivas normas admitem um CV(%) de até 18% para solicitações normais;
- 2) Durante o rompimento dos CPs foram observadas zonas preferenciais de falha (figura 4c), sendo estas ocorridas na região entre as camadas de compactação, o que

leva a reflexão sobre a necessidade de alternativas mais efetivas para contornar este problema, além daquela adotada neste trabalho, que buscou a escarificação para gerar atrito mínimo entre as camadas;

- 3) Realizou-se o rompimento com 21 dias por acreditar que para este intervalo de cura, as amostras atingiram sua capacidade máxima de carga. Diferente do que acontece com o concreto, rompimentos com 3, 7, 14, 21 e 28 dias parecem não ser relevantes, tendo em vista a baixa carga atingida nas amostras de solo-cimento, além do pequeno percentual de cimento, frente ao total de solo e agregado;
- 4) Avaliar outros percentuais de mistura, solo e agregado miúdo, parece oportuno, uma vez que a alteração da composição granulométrica e do empacotamento das partículas parece ser o principal fator de ganho de resistência mecânica.

4 CONCLUSÕES

As conclusões deste estudo foram pautadas em dois pontos principais de inovação tecnológica, sendo: os aspectos técnico e sustentável.

Como fator técnico, destacou-se a contribuição deste trabalho como um estudo essencial para a criação de uma nova cadeia produtiva, na região oeste catarinense, que incorporem o uso do solo-cimento, aqui caracterizado, num extenso estudo sobre a aplicabilidade deste material como parte do processo construtivo da taipa de pilão, sendo este um método sem qualquer pesquisa protocolada na região do presente estudo. Por outro lado, o aspecto sustentável está pautado na concepção dos Materiais Km 0, amplamente discutido em países de primeiro mundo, mas que no Brasil tem sido um movimento tímido e até mesmo desconhecido de uma grande parcela de profissionais que atuam na construção civil.

A junção destes dois pontos, portanto, foi essencial para caracterizar, do ponto de vista físico e mecânica, o material solo-cimento, como forma de viabilizar seu futuro uso como um novo processo construtivo, aliado a um material inovador nas edificações que contribua para a construção civil mais eficiente, energética e economicamente, e que amplie o campo de atuação de profissionais que buscam inovar, de modo sustentável, em seus projetos.

Ressalta-se, por fim, a importância das normas técnicas para caracterização do solo-cimento compactado. Todas as discussões no âmbito da CE-02:123.09 – Comissão de Estudo de Construções com Terra, torna-se fundamental para inserção de técnicas de construção com terra na construção civil, de modo a criar competitividade frente aos materiais convencionais e usados em grande escala e de grande impacto ambiental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CORREIA, M.; GÓMES, F.; CARLOS, G. D.; CORREIA, J. (2014). Reflexões do projeto versus contributo do patrimônio vernáculo para a arquitetura contemporânea sustentável. In: 14º Seminário Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra, SIACOT. Anais. El Salvador, p. 80-87.

DNER ME 093 (1994). Agregado graúdo para concreto de cimento. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem.

GUTIERREZ, N. H. M.; NOBREGA, M. T.; LUIZA, A. M. F. (2015). Características e comportamentos geotécnicos de áreas sobre basalto: O caso de Maringá - PR. In: GEOSUL 2015, 10. Simpósio de Prática de Engenharia Geotécnica da Região Sul, Maringá, Brasil: ABMS.

MENEGOTTO, M. L.; BANDEIRA, F. O.; SARTORI, L.; MORAIS, M. Caracterização geotécnica preliminar do solo da área experimental da UFFS – Campus Chapecó. 18. Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica 2016, Belo Horizonte, Brasil: ABMS.

MESURA (2019). Casa Ter. ArchDaily Brasil. Disponível em: www.archdaily.com.br.

MILANI, A. P. (2008). Avaliação física, mecânica e térmica do material solo-cimento-cinza de casca de arroz e seu desempenho como parede monolítica. Campinas, 2008, 181p. Tese (Doutorado em Engenharia) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas.

- MILANI, A. P. S; BARBOZA, C. S. (2016). Contribuição ao estudo de propriedades de solo-cimento autoadensável para fabricação de paredes monolíticas. *Ambiente Construído*, v.16, p. 143-153.
- NBR 6459 (2016). Solo – determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- NBR 7180 (2016). Solo – determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- NBR 7181 (2016). Solo – análise granulométrica. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- NBR 12023 (2012). Solo-cimento – ensaio de compactação. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- NBR 12025 (2012). Solo-cimento: ensaio de compressão simples de corpos de prova cilíndricos: método de ensaio. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- PASSUELLO, A. C. B; OLIVEIRA, A. F.; COSTA, E. B.; KIRCHHEIM, A. P. (2014). Aplicação da avaliação do ciclo de vida na análise de impactos ambientais de materiais de construção inovadores: estudo de caso da pegada de carbono de clínqueres alternativos. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 14, n. 4, p. 7-20.
- PINTO, E. S.; FARIA, O. B. (2016). Solo-cimento compactado: resistência à tração por compressão diametral. 6º Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil - TerraBrasil 2016, Bauru, Brasil: TerraBrasil/UNESP.
- SAKR, D. A.; SHERIF, A.; EL-HAGGAR, S. M. (2010). Environmental management systems' awareness: an investigation of top 50 contractors in Egypt. *Journal of Cleaner Production*, v. 18, n. 3, p. 210-218.
- SANTOS, T. A.; SPECHT, L. P.; PINHEIRO, R. (2016). Caracterização física e mecânica dos solos usualmente empregados em subleitos rodoviários no Rio Grande do Sul. 18º Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, Belo Horizonte, Brasil: ABMS.
- SOUZA, E. (2021). Materiais a 0 km e a ideia de preservar o meio ambiente e as culturas locais. *ArchDaily Brasil*. Acessado via www.archdaily.com.br.
- VISUS, A. C. (2016). Casa vernácula do século XXI. *Edra arquitetura km 0*. (2016). *ArchDaily Brasil*. Acessado via www.archdaily.com.br.
- YEHEYIS, M.; HEWAGE, K; ALAM, M. S.; ESKICIOGLU, C; SADIQ, R. (2013). An overview of construction and demolition waste management in Canada: a lifecycle analysis approach to sustainability. *Clean Technologies and Environmental Policy*, v. 15, p. 81-91.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo auxílio financeiro ao projeto de pesquisa que originou o presente artigo.

AUTORES

Anderson Renato Vobornik Wolenski, professor EBTT do Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), campus São Carlos, mestre em Engenharia de Estruturas pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), graduado em Engenharia Civil pela Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), coordena o grupo de pesquisa intitulado "Núcleo de Pesquisas Aplicadas à Construção Civil" e o projeto de pesquisa intitulado "Avaliação Físico-mecânica de Solo-cimento Compactado".

Allan Guimarães Borçato, professor EBTT do Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), campus São Carlos, graduado em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), especialista em Educação Profissional Tecnológica pela Faculdade Educacional da Lapa, mestrando em Engenharia Civil da Universidade Federal do Paraná - UFPR. Tem experiência na área de Engenharia Civil, com ênfase em Estruturas de Concreto e Saneamento Urbano.

Caroline Leal Faccin, graduanda no curso de Engenharia Civil do Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), campus São Carlos, técnica em edificações formada pelo IFSC, campus São Carlos e bolsista de projetos de pesquisas relacionados a concretos especiais e estudo de solo-cimento.

CARACTERIZAÇÃO DE SOLO PARA TAIPA DE PILÃO E PAREDES MONOLÍTICAS DE SOLO-CIMENTO EM FOZ DO IGUAÇU

Gabriel Cunha¹; Jessica Machado Seolin²;

Unila - Universidade Federal da Integração Latino-Americana – Foz do Iguaçu; PR, Brasi

¹gabriel.cunha@unila.edu.br; ²jemase@gmail.com

Palavras-chave: construção com terra, tríplice fronteira, moradia

Resumo

Este trabalho apresenta os resultados de pesquisa de iniciação científica relacionados à caracterização do solo da cidade de Foz do Iguaçu - Paraná, e a resistência a compressão de tijolos de solo-cimento, verificando a viabilidade de utilizá-lo como material de construção de paredes de taipa de pilão e monolíticas de solo-cimento. Esta caracterização se justifica por não existir um estudo científico prévio que mostre as características granulométricas do solo desta cidade e que sirvam de base para o seu melhor aproveitamento em técnicas construtivas. Na região de Foz do Iguaçu, que faz divisa com Paraguai e Argentina, a construção com terra não é usual, existem apenas evidências históricas da utilização de adobe em moradias no meio rural, sobretudo de indígenas, constituído por meio de conhecimentos tradicionais. Atualmente, com a urbanização e com a mudança no padrão cultural dos próprios indígenas, esta tradição encontra-se em extinção, sendo cada vez menos frequentes obras que utilizem esta técnica construtiva. Tendo em vista as qualidades técnicas da construção com terra e sua viabilidade financeira, a pesquisa pretendeu contribuir com o seu resgate por meio da caracterização do solo local, fornecendo subsídios para sua aplicação em construções com qualidade, favorecendo a aceitação da população, especialmente em meio urbano. A escolha da taipa de pilão ou de paredes monolíticas de solo-cimento, ao invés do adobe, justifica-se por suas características técnicas, dentre elas a possibilidade de dispensar acabamentos e sua maior resistência estrutural, e por razões estéticas entre populações urbanas, pois, assim como o adobe, pode-se obter superfícies lisas e planas, resultando em paredes esteticamente mais próximas ao padrão urbano de moradia de alvenaria. Os resultados revelam que o tijolo de terra compactada (sem adição de cimento) analisado possui resistência à compressão em torno de 1,9 MPa, mas necessita de correções granulométricas para se tornar apropriado para uso em taipa de pilão ou em paredes monolíticas de solo-cimento, devido a sua composição argilo-siltosa que apresenta significativa variação volumétrica (retratibilidade).

1 INTRODUÇÃO

A terra é um dos materiais mais abundantes e acessíveis do mundo, e as construções que utilizam este material como matéria prima existem há muitos anos. A escolha da técnica construtiva que a utiliza envolve uma série de fatores, dentre eles aspectos econômicos, as culturas construtivas existentes e as características do solo que se pretende utilizar. Com relação aos dois primeiros aspectos, a construção com terra pode representar uma opção com vantagens, sobretudo no que diz respeito à moradia popular, devido a seu baixo custo, baixo impacto ambiental (baixa pegada de carbono) e dispensa mão de obra especializada.

Na região do atual município de Foz do Iguaçu, conhecida como tríplice fronteira (divisa do Brasil com Paraguai e Argentina), verifica-se a ocorrência histórica de moradias indígenas feitas com adobe. A origem provável do uso desta técnica por comunidades indígenas, segundo alguns trabalhos, remonta aos tempos das reduções jesuíticas. Giesso (1998) afirma que nos estudos de finais do século XVIII dos padres jesuítas José Cardiel, Pedro Lozano, Domingo Muriel e Antonio Sepp, há diversos registros de moradias indígenas nas reduções jesuíticas feitas com paredes de adobe. Esta tradição construtiva permaneceu em algumas comunidades indígenas, mesmo depois do fim das reduções em meados do XVIII, sendo possível encontrar, entre a população urbana paraguaia e argentina atualmente, que também habita e transita diariamente em Foz do Iguaçu, pessoas que realizaram esta

técnica, moraram em casas que as utilizam e que possuem familiares e ancestrais que a conhecem.

No entanto, conforme Cunha e Bastos (2017), verifica-se a não continuidade deste legado técnico-construtivo entre os indígenas, nem sua presença atual em outras comunidades rurais na região da tríplice fronteira (quilombolas, assentamentos), hoje substituído principalmente por técnicas normatizadas, como paredes de alvenaria cerâmica e sistema estrutural de concreto armado.

A técnica de taipa de pilão foi bastante utilizada no Brasil, durante o período colonial, e continua a ser empregada em vários países do mundo. Sua execução consiste em compactar a mistura de solo úmida dentro de fôrmas dispostas no formato e espessura da parede, até que se atinja a altura desejada. Combinando um solo adequado, com espessura apropriada à altura da parede e sua compactação, as paredes de taipa de pilão podem desempenhar papel estrutural numa edificação, como atestam muitas construções coloniais brasileiras.

Não há normas brasileiras, por enquanto, para taipa de pilão. No entanto, com o advento do cimento Portland e sua utilização no Brasil a partir do século passado, este passou a ser misturado ao solo — passando a ser denominado solo-cimento. Ferraz e Segantini (2003) apontam que, no Brasil, a utilização do solo-cimento iniciou-se em 1936, quando a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) pesquisou e regulamentou sua aplicação; em seguida, seu uso foi consideravelmente ampliado, principalmente para pavimentação de estradas, devido às vantagens técnicas e econômicas que o material oferecia. Segundo Lima (2013), em edificações, o solo-cimento passou a ser utilizado em dois processos construtivos: o de paredes monolíticas e o da produção de tijolos ou blocos prensados, sendo que as monolíticas têm muita similaridade com a taipa de pilão tradicional. O emprego de solo-cimento na construção de moradias no Brasil teve início em 1948, com a construção de casas em Petrópolis (RJ) (HABITARE, 2013), mas só teve uma aplicação habitacional mais ampla em 1978, quando o Banco Nacional da Habitação (BNH) aprovou a técnica para a construção de habitações populares, predominantemente paredes monolíticas, divulgadas com as publicações das pesquisas realizadas no Centro de Pesquisas e Desenvolvimento (CEPED, 1984; 1985). As primeiras normas de tijolos e blocos de solo-cimento foram aprovadas a partir de 1984 e revisadas em 2012.

A Norma NBR 13533 (2012), que trata das paredes monolíticas de solo-cimento, traz condições específicas a serem atendidas pelo solo utilizado: deve ter entre 15% e 50% de partículas abaixo de 0,075mm, limite de liquidez inferior a 45%, índice de plasticidade inferior ou igual a 18%. Além destas especificações, o solo-cimento, de acordo com a NBR 13553 (2012), deve atender aos requisitos de: resistência média à compressão simples, aos sete dias, igual ou superior a 1,0 MPa; a absorção de água, após sete dias de cura e 24 h de imersão, igual ou inferior a 20%; a variação de volume igual ou inferior a 1%; a perda de massa, após o sexto ciclo do ensaio de durabilidade por molhagem e secagem, de 7% a 14% em função do tipo de solo classificado de acordo com a ASTM D 3282 (2009).

Tendo em vista a tentativa de contribuir para a difusão desta técnica entre as comunidades periféricas da região, este trabalho traz o resumo dos resultados da pesquisa de iniciação científica realizada entre 2018-19, constando de ensaios de caracterização do solo de acordo com as normas brasileiras pertinentes e de ensaios de compressão de corpos de prova de tijolos de solo-cimento. No entanto, por várias razões, sobretudo pelas limitações de uma iniciação científica, o projeto de pesquisa conseguiu avançar mais na caracterização física do solo, realizando apenas parcialmente os procedimentos necessários no que diz respeito à determinação da resistência à compressão (caracterização mecânica) dos tijolos, o que se pretende desenvolver melhor em trabalhos futuros. Cabe salientar que, antes desta pesquisa, os autores realizaram alguns testes de campo, seguindo os procedimentos de Neves *et al.* (2010), junto a uma comunidade periférica urbana de Foz do Iguaçu, mediante um projeto de extensão de assistência técnica habitacional denominado “Assessoria tecnológica em arquitetura e engenharia para habitação popular”.

2 OBJETIVO

O objetivo da pesquisa é realizar a caracterização física do solo da cidade de Foz do Iguaçu, Estado do Paraná, e determinar sua resistência à compressão, com o intuito de avaliar a viabilidade de sua utilização em construções habitacionais com terra compactada, nominadamente taipa de pilão e paredes monolíticas de solo-cimento.

3 MÉTODO OU PROCEDIMENTO ADOTADO

A pesquisa dividiu-se em duas etapas: a caracterização física do solo e a determinação de resistência à compressão de BTC.

3.1 Caracterização física do solo

Para a caracterização física do solo de Foz do Iguaçu, seguiram-se os procedimentos determinados nas NBR 6457 (2016), NBR 6459 (2017), NBR 7180 (2016) e NBR 7181 (2016), que se referem à preparação do solo, determinação dos limites de Atterberg e composição granulométrica. Os procedimentos para caracterização do solo seguiram a sequência: 1. Coleta da amostra de solo e armazenamento; 2. Determinação do teor de umidade; 3. Determinação do limite de liquidez (LL); 4. Determinação do limite de plasticidade (LP); 5. Análise granulométrica do solo por peneiramento; 6. Granulometria a laser, um tipo de ensaio que utiliza a difração a laser para determinação da composição granulométrica do solo.

Com relação à coleta da amostra de solo, cabe destacar que o solo foi obtido em 17 de agosto de 2018, nas escavações de galerias de águas pluviais realizadas na Avenida Tancredo Neves, nas proximidades da Usina Hidrelétrica de Itaipu, no município de Foz do Iguaçu. A profundidade média do solo coletado foi entre 1,5 a 2,5 metros (evitando a contaminação da camada orgânica) e ele foi imediatamente acondicionado em dois sacos brancos de 30 litros. Em seguida, os sacos com as amostras de solo foram armazenados na sala do laboratório de materiais e solos, localizado no Setor Sul da Universidade Federal de Integração Latino-Americana, até o momento de ser utilizado. Quando foram iniciados os ensaios, realizou-se o destorroamento manual, conforme figura 2.



Figura 1. Solo coletado e acondicionado em bandeja metálica



Figura 2. Solo destorroadado manualmente

Na análise granulométrica do solo por peneiramento e sedimentação, cumpre assinalar que a mesa vibratória para o peneiramento não era de boa qualidade e foi necessário manter as amostras por um tempo maior no procedimento. Quanto aos demais procedimentos, foram seguidos o que se pede nas normas citadas. Os valores obtidos são apresentados no tópico 4.1.

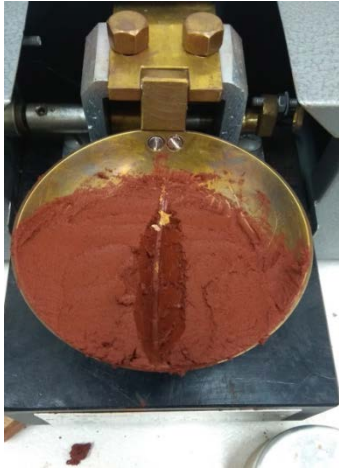


Figura 3. Ensaio para determinação do LL

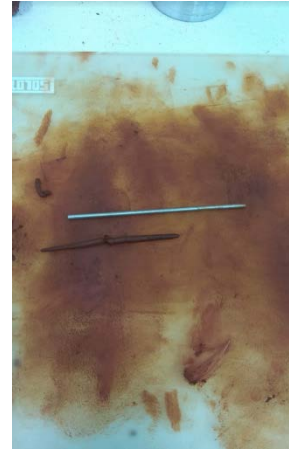


Figura 4. Ensaio para determinação do LP



Figura 5. Peneiras em agitador mecânico

Como parte das partículas de solo passou por todas as peneiras, deu-se sequência ao ensaio de sedimentação, desta vez contando com auxílio do laboratório de química da universidade, para a preparação do defloculante indicado pela norma (hexametáfosfato de sódio), conforme figura 6.



Figura 6. Solução após prazo de 96h

Granulometria a laser: A segunda etapa da análise granulométrica do solo foi a realização de granulometria a laser, com as amostras de solo que passaram na peneira 0,075 mm. O ensaio de granulometria por difração de laser não está ainda normatizado pela ABNT, sendo que os procedimentos para o mesmo são determinados no manual do equipamento pelo fabricante. Conforme Oliveira *et al.* (2016) o granulômetro a laser age medindo a intensidade

da luz que, emitida por um feixe de laser, interage com as partículas dispersas da amostra. Segundo Lima *et al.* (2009), o programa (software) do granulômetro determina a quantidade correta da concentração pela medição da quantidade de luz do laser que foi perdida ao passar pela amostra. Os ensaios realizados com a utilização do granulômetro a laser foram executados com o uso de defloculante hexametáfosfato de sódio. Ainda segundo Oliveira *et al.* (2016), corroborado por Sperazza *et al.* (2004), um dos cuidados que se deve ter com este ensaio é quanto à utilização de sonar (utilizado para ajudar na desagregação física dos grãos de solo), pois o sonar, em muitos casos, produz a quebra indevida de partículas, gerando um resultado que altera a granulometria real do solo. No ensaio realizado não foi utilizado o sonar. Uma das vantagens do ensaio a laser em relação ao de sedimentação estabelecido pela NBR 7181 (2016), é o tempo de realização do ensaio, sendo de cerca de 10 minutos, ao invés de 24 horas.

3.2 Determinação da resistência à compressão de tijolos de solo-cimento

Os ensaios para determinar a resistência à compressão de tijolos e de blocos de solo-cimento devem seguir, respectivamente, os procedimentos preconizados nas NBR 8492 (2013) e NBR 10836 (2013); a NBR 12025 (2012) refere-se ao ensaio para determinar a resistência à compressão simples de corpos de prova cilíndricos de solo-cimento. No entanto, por uma série de dificuldades e problemas na execução não foram seguidos todos os procedimentos da NBR 10836 (2012) e não houve tempo para a realização do ensaio da NBR 12025 (2012). Por esta razão, os resultados apresentados no tópico seguinte não devem ser comparados com os que seriam obtidos pelo correto cumprimento das normas citadas.

Os procedimentos adotados seguiram a sequência: 1. Preparação da terra, preparação da mistura com diferentes traços, moldagem e cura dos tijolos prensados. 2. Ensaio de compressão.

1. *Preparação da terra e traços:* a amostra de solo passou por um processo de destorroamento, homogeneização e peneiramento na peneira de 1,20 mm. Em seguida foram preparadas as misturas para fabricação dos tijolos prensados na prensa manual. Foram preparados dois tijolos para cada traço, que foram acondicionados na sala úmida do laboratório da universidade. Os traços utilizados foram:

- Traço 1: Tijolos/amostras 1 e 2, com proporção de 3 kg de solo, seco até a umidade higroscópica, e 400 ml de água (quantidade de água determinada por meio da observação empírica).
- Traço 2: Tijolos/amostras 3 e 4, com proporção de 3 kg de solo, seco até a umidade higroscópica, 100 g de cimento e 450 ml de água.
- Traço 3: Tijolos/amostras 5 e 6, com proporção de 1,5 kg de solo, seco até a umidade higroscópica, 1,5 kg de areia, 100 g de cimento, e 400 ml de água.

Os tijolos foram numerados e marcados com data e indicação do traço utilizado; em seguida, foram armazenados na sala úmida do laboratório, entre os dias 13 de junho e 11 de julho de 2019. A cura durou 7 dias.

2. *Ensaio para determinação da resistência à compressão dos tijolos de solo-cimento:* realizado com prensa no Laboratório de Tecnologia de Concreto de Itaipu, com aparelhagem que atende aos parâmetros da norma NBR 8492 (2013). No entanto, dois procedimentos não foram cumpridos em acordo com a norma: o corte do tijolo ao meio e a sua sobreposição, e o capeamento; para a distribuição da carga aplicada, utilizou-se uma placa metálica (cabeçote) que recobriu toda a superfície do tijolo durante o ensaio. Os tijolos eram maciços, procurando aproximar mais da situação de paredes monolíticas.



Figura 7. Amostras de BTC

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização física do solo

A caracterização física do solo é apresentada na tabela 1.

Tabela 1 Características físicas do solo

Parâmetros	Resultados
Teor de umidade higroscópica (h)	3,75%
Limite de liquidez (LL)	38%
Limite de plasticidade (LP)	26%
Índice de plasticidade (IP)	12%
Índice de consistência (IC)	2,85

O IP de 12% classifica o solo de Foz do Iguaçu como um solo medianamente plástico, e conforme a carta de plasticidade de Casagrande, o solo estudado encontra-se no grupo de siltes inorgânicos de mediana compressibilidade.

Com relação à análise granulométrica, seguindo a NBR 7181(2016), realizada nos dias 15, 16, 17 e 18 de outubro de 2018 (primeiro teste) e, nos dias 26, 27, 28 de fevereiro e 1 de março de 2018 (segundo teste), foram obtidos os resultados apresentados no gráfico da figura 8.

No gráfico, verifica-se que 69% da massa é menor que 0,075mm, ou seja, são silte e argila, e, portanto, o solo está constituído por 31% de areia.

As partículas que passaram pela peneira 0,075 mm foram direcionadas para o processo de sedimentação, estabelecido pela Norma 7181 (2016), com solução de hexametáfosfato de sódio. Os resultados da sedimentação, entretanto, não foram satisfatórios, pois a solução da proveta permaneceu com uma coloração avermelhada, devido às partículas de solo que continuaram suspensas na solução, do início ao fim (24, 48, 96h) do experimento, e os valores lidos no densímetro tiveram uma variação quase que insignificante, impedindo o cálculo da densidade da solução.

Outro dado importante, apesar dos problemas no ensaio de sedimentação, é que a massa restante do material após o processo de sedimentação e lavagem, na peneira 0,075 mm, diminuiu consideravelmente, sendo que, inicialmente (antes de imersão na solução) a massa de solo era de 70,08 g e passou para 22,55 g aproximadamente no final do procedimento (após imersão na solução e secagem). Houve, portanto, uma perda de massa de 47,53 g no descarte da solução de hexametáfosfato utilizada, correspondente a

partículas microscópicas muito pequenas, com diâmetro provável característico de argilas dissolvidas e não decantadas no líquido.

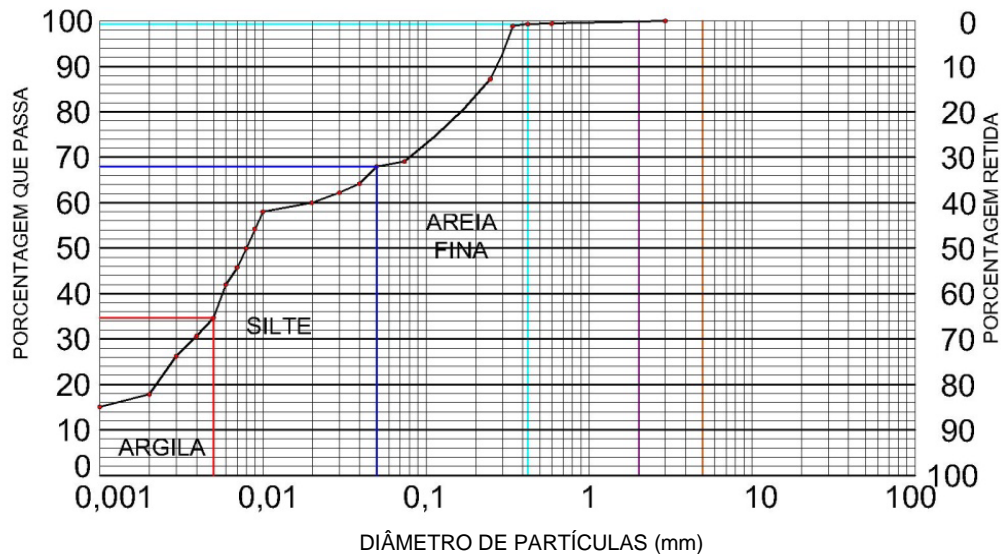


Figura 8. Composição granulométrica do solo estudado

Para a caracterização das partículas finas (69%), foi indispensável a caracterização granulométrica do solo estudado com o ensaio a laser, possível de ser realizado devido à disponibilidade do equipamento na universidade. A amostra de solo utilizada passou novamente por um peneiramento, e selecionou-se a fração que passou na peneira 0,075 mm, retirando assim a areia da amostra. Conforme já dito anteriormente, como o ensaio a laser ainda não possui norma específica, seguiram-se os procedimentos estabelecidos no manual do equipamento.

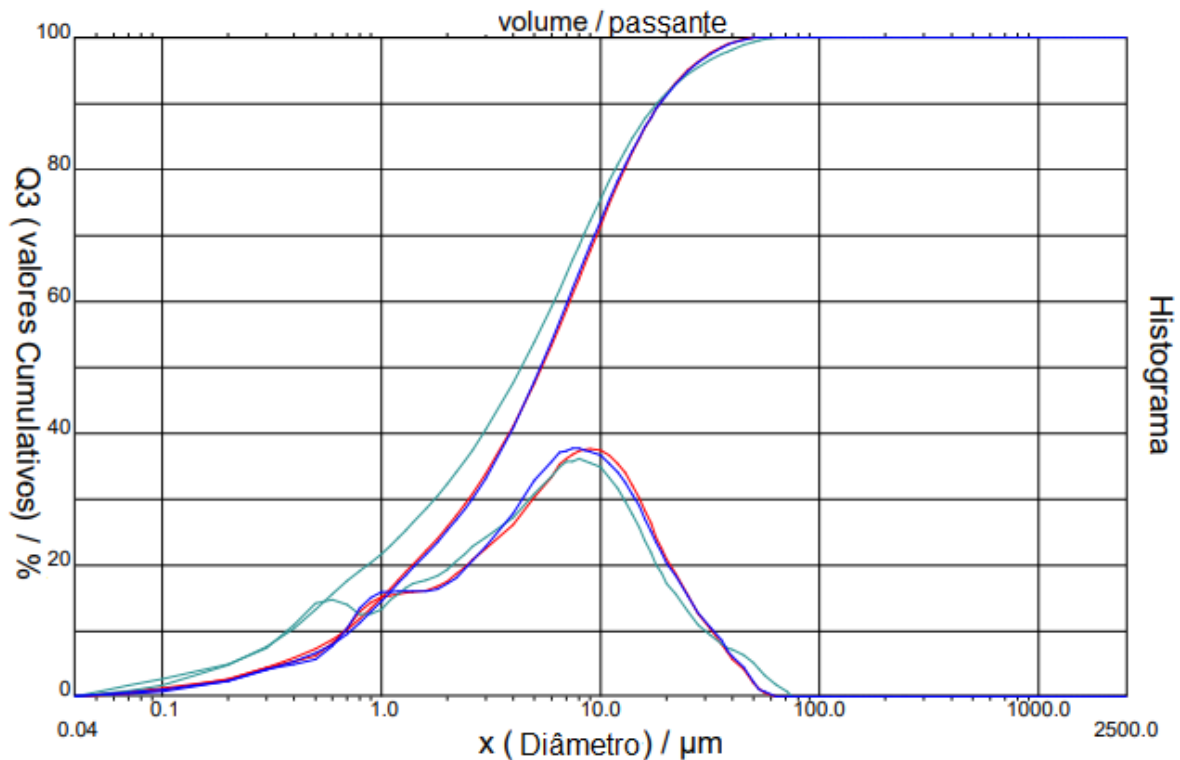


Figura 9. Gráfico da granulometria a laser

Observando o gráfico apresentado na figura 9, resultante da leitura a laser, realizada com 3 amostras, pode-se notar que das 3 curvas que se iniciam no alto do gráfico e passam pelo diâmetro 0,005 mm ou 5 microns (diâmetro que separa a argila do silte), duas se encontram

próximas à porcentagem 52% e uma sofreu um desvio inferior, para 47%, chegando a uma média de 50%. Sendo assim a amostra utilizada no ensaio de granulometria a laser contém 50% de silte e 50% de argila.

As curvas baixas, que formam um pico na parte inferior do gráfico, correspondem à concentração de partículas em função de seu diâmetro, das mesmas 3 amostras de solo. A interpretação traduzida em números aproximados, neste caso, é que há uma maior concentração de partículas na faixa de transição entre o silte e a argila, sobretudo no intervalo entre 30 microns e 2 microns, que concentra 60% das partículas. Verifica-se ainda que na faixa da argila, há uma distribuição mais uniforme dos grãos, com a exceção da faixa entre 2 e 0,8 microns onde quase não há partículas, que só voltam a aparecer com maior quantidade (cerca de 10%) entre 0,7 e 0,4 microns.

Desta maneira, o solo analisado possui 31% de areia (partículas maiores que 0,05mm), 35% de silte e 34 % de argila. Conforme a caracterização de solos da ASTM D 3282 (2009) este solo enquadra-se no grupo A-6, de terras plásticas argilosas com 75 % ou mais de solo passando na peneira n.º 200 (75- μ m), com variação de volume elevada entre os estados úmido e seco.

Em relação à NBR 13553 (2013), o solo atende aos seguintes requisitos exigidos no item 5.1.1 da norma:

- a) a totalidade da amostra de solo (100%) passa na peneira de abertura 4,8 mm;
- c) limite de liquidez do solo analisado é de 38%, ou seja, inferior a 45%;
- d) índice de plasticidade de 12%, ou seja, inferior a 18%;

Já o requisito b) do item 5.1.1 da norma não é atendido, porque se tem 69% do material passando na peneira de abertura 0,075mm, quando a norma delimita até o máximo de 50%. Por tal razão, o solo necessita correção granulométrica, com a adição de partículas superiores a esta medida. Geralmente este tipo de correção se faz com a adição de areia na mistura de solo, por ser um material disponível e amplamente utilizado no mercado da construção.

Em termos de quantidade, o percentual em massa de areia a ser acrescentada para aumentar a granulometria do solo e atingir no mínimo o patamar de 50% do total, seria de 37,32% (diferença entre 68,66% de silte+argila e 31,34% de areia). Ou seja, para cada quilograma de solo, precisariam ser adicionados no mínimo 373,2 g de areia, para equiparar sua quantidade com a soma das massas de silte e argila.

4.2 Resistência a compressão dos tijolos de solo-cimento

Por meio das observações empíricas dos tijolos de solo-cimento confeccionados em prensa manual após secos, estes mostraram boa resistência quando comprimidos à mão.

Os resultados obtidos com os ensaios de resistência à compressão axial estão apresentados na tabela 2.

Tabela 2. Resistência à compressão (MPa)

Amostra		Composição do traço	Resistência à compressão (MPa)
Traço	Tijolo		
1	1 e 2	3kg terra; 400ml água	1,95
2	3 e 4	3kg terra; 100g cimento; 450ml água	1,40
3	5 e 6	1,5kg terra; 1,5kg areia; 100g cimento; 400ml água	1,91

Os poucos ensaios de resistência nos tijolos confeccionados trouxeram como principal resultado valores próximos à resistência à compressão mínima exigida pela norma NBR 10834 (2013) (média de 2 MPa para tijolos de solo-cimento e valores individuais iguais

ou maiores que 1,7 MPa, aos 28 dias de idade). Dois traços dos tijolos obtiveram valores superiores ao individual aos 28 dias. Este resultado revela também que esta amostra já tem naturalmente, isto é, sem correções com outros materiais, uma resistência à compressão axial próxima a 2 MPa, tendo sido o melhor resultado, mesmo em relação às amostras que tiveram cimento em sua composição.

Com relação ao traço 2, ele mostra que a adição de cimento, na proporção utilizada, não contribuiu para aumentar a resistência, ao contrário houve uma redução. Uma provável explicação é que a hidratação do cimento concorreu com a hidratação da argila presente na terra, impactando as características coesivas de ambos os materiais.

Finalmente, no traço 3, com a adição da areia e a redução da argila (contida no solo) houve maior contribuição para a hidratação do cimento, devido a menor quantidade de massa de argila absorvendo água. Além disso, a granulometria da areia e sua estrutura físico-química tem mais aderência com o cimento, combinando-se melhor com ele. Em termos de resistência final, porém, a combinação solo/cimento/areia proporcionou um valor muito similar à amostra composta apenas por solo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O projeto de pesquisa mostrou que o solo da cidade de Foz do Iguaçu tem proporções equilibradas de areia, silte e argila. Considerando os diâmetros analisados, a textura é muito fina, iniciando-se na porção mais grossa com a areia fina, que representa o menor percentual, em relação ao silte e à argila. Por tais razões, seu comportamento é de um solo argilo-siltoso, com tendência à retração acentuada do material após a secagem (fato que foi verificado empiricamente, ao realizar o teste da caixa, nos testes de campo mencionados na introdução deste artigo). Esta característica pode comprometer o uso do solo para fins de construção civil, devido ao aparecimento de fissuras e trincas, no entanto, esta situação pode ser contornada com a adição de areia. Por outro lado, no que diz respeito à sua resistência à compressão, variando entre 1,4 e 1,9 MPa conforme o ensaio realizado, o resultado é bastante promissor para a sua utilização na construção civil, em termos de resistência, sendo que o principal aspecto a ser corrigido é a sua composição granulométrica.

Alguns procedimentos previstos em algumas normas não puderam ser aplicados em sua plenitude, por limitações na infraestrutura laboratorial. O agitador mecânico utilizado, por exemplo, não realizava o peneiramento satisfatório e isto demandava, por vezes, a vibração manual adicional para completar o peneiramento. Também, conforme foi assinalado no texto deste artigo, houve algumas falhas nos procedimentos de ensaios (capeamento) e outros que não foram realizados, como o ensaio de absorção de água, não cumprindo a determinação de todos os requisitos estabelecidos pelas normas. Também foram feitas poucas amostras do tijolo prensado para determinar a resistência à compressão, devido à disponibilidade de tempo. Estes fatores demandam que os procedimentos e mesmo a pesquisa precisam ser replicados, para comprovar a validade dos resultados, bem como corrigir procedimentos, verificar constâncias e controle de variáveis.

Apesar destas dificuldades, os resultados obtidos mostram que, para o solo de Foz do Iguaçu, a necessária correção granulométrica que se verificou na análise não inviabiliza nem técnica, nem financeiramente o uso deste solo para a taipa de pilão e parede monolítica de solo-cimento. A expectativa é, futuramente, repetir a pesquisa seguindo os procedimentos indicados pelas normas e com equipamentos mais precisos e profissionais para verificação dos resultados já obtidos e determinação dos que ficaram pendentes. Ao mesmo tempo, seria bastante interessante avaliar a utilização de outras técnicas construtivas mais adequadas a solos mais argilosos, como o adobe, a partir da consolidação destes resultados. Por fim, sugere-se que sejam realizadas pesquisas aplicadas destas técnicas construtivas na escala de modelos e protótipos que simulem a situação real de uma moradia, que certamente ofereceriam um complemento aos trabalhos de caracterização e os ensaios de laboratório aqui apresentados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASTM D 3282 (2009). Standard practice for classification of soils and soil-aggregate mixtures for highway construction purposes. USA: ASTM International
- CEPED – Centro de Pesquisa e Desenvolvimento (1984). Manual de construção com solo-cimento. 3. ed. atual. São Paulo: ABCP.
- CEPED – Centro de Pesquisa e Desenvolvimento (1985). Cartilha para construção de paredes monolíticas de solo-cimento. 4. ed. atual. Rio de Janeiro: BNH/DEPEA.
- Cunha, Gabriel; Bastos, Tiago (2017). Assessoria técnica na tríplice fronteira e a atuação universitária. Encontro internacional do grupo de estudos multidisciplinares em arquiteturas e urbanismos do sul. Anais eletrônicos..., v. 1, n. 1, p.124-132.
- Ferraz, A. L. N.; Segantini, A. A. S (2003). Estudo da aplicação de resíduo de argamassa de cimento nas propriedades de tijolos de solo-cimento. *Holos Environment – Revista Científica do Centro de Estudos Ambientais – CEA. Ilha Solteira: Universidade Estadual Paulista - UNESP.*
- Giesso, Martin. (1998). Sobre a periferia os arrabaldes das Missões Jesuítico-Guarani. *Fronteiras - Rev. História UFMS, Campo Grande, MS, 2(4): 251-274, jul./dez.*
- HABITARE (2013). Programa de Tecnologia de Habitação. FINEP – Financiadora de Estudos e Projetos. Disponível em: <<http://www.habitare.org.br>> Acesso em: agosto de 2013.
- Lemos, R. C.; Santos, R. D. (1984). Manual de descrição e coleta de solo no campo. 2.ed. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; Embrapa-SNLCS, 46p.
- Lima, Fabíolla Xavier Rocha Ferreira. (2013). Blocos de terra compactada de solo-cimento com resíduo de argamassa de assentamento e revestimento: caracterização para uso em edificações. Tese de doutorado. Brasília: Universidade de Brasília.
- NBR 13555 (2012). Solo-cimento – Determinação da absorção de água – Método de ensaio. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- NBR 13554 (2012). Solo-cimento – Ensaio de durabilidade por molhagem e secagem – Método de ensaio. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- NBR 13553 (2012) Materiais para emprego em parede monolítica de solo-cimento sem função estrutural. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- NBR 12025 (2012). Ensaio de compressão simples de corpos de provas cilíndricos. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- NBR 10836 (2013). Bloco vazado de solo-cimento sem função estrutural – Análise dimensional, determinação da resistência à compressão e da absorção de água – Método de ensaio. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- NBR 10834 (2013). Bloco vazado de solo-cimento sem função estrutural. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- NBR 8492 (2013). Tijolo de solo-cimento – Análise dimensional, determinação da resistência à compressão e da absorção de água – Método de ensaio. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- NBR 7181. Solo (2016). Análise granulométrica. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- NBR 7180 (2016). Solo – Determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- NBR 6459 (2017). Solo – Determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- NBR 6457 (2016). Amostras de solo –preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- Neves, Célia; Faria, Obede Borges; Rotondaro, Rodolfo; Cevallos, Patricio Salas; Hoffmann, Márcio Vieira (2010). Seleção de solos e métodos de controle na construção com terra – práticas de campo. PROTERRA. Disponível em <http://www.redproterra.org>. Acessado em 31/agosto/2021.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação Araucária e à Pró-reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação da Unila pelo financiamento à pesquisa de iniciação científica que permitiu a realização deste trabalho.

AUTORES

Gabriel Rodrigues da Cunha, doutor e mestre em teoria e história da arquitetura; arquiteto e urbanista; professor do Instituto Latino-Americano de Tecnologia, Infraestrutura e Território, da Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA); membro do Grupo de Estudos Multidisciplinares em Urbanismos e Arquiteturas do Sul (MALOCA). Currículo completo em <http://lattes.cnpq.br/1239852115442353>.

Jessica Machado Seolin, arquiteta e urbanista pela Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA); Currículo completo em <http://lattes.cnpq.br/5258473442136079>.



ANÁLISE MECÂNICA DE SOLO ESTABILIZADO COM SEDIMENTO DA BARRAGEM DE FUNDÃO

Gabriela T. L. Lage¹; Isabela K. Mendonça²; Júlia A. W. Nogueira³; Sofia A. L. Bessa⁴

Universidade Federal de Minas Gerais, ¹gabrielatlanna@gmail.com; ²isabelakaroline4@gmail.com; ³jujuwebern@gmail.com; ⁴sofiabessa@ufmg.br

Palavras-chave: construção com terra, sustentabilidade, resíduo, mineração, cimento

Resumo

O uso da terra como matéria-prima para construir faz parte de uma tradição milenar. Para que construções com terra compactada, como a taipa de pilão, tornem-se mais resistentes, é comum o uso de estabilizantes do solo para que tenham suas propriedades melhoradas. Entre os estabilizantes mais comuns estão o cimento e a cal. Porém, diversos autores apontam o elevado potencial poluidor em quase todas as suas fases do processo produtivo desses materiais. Sendo assim, a busca por substitutos a determinados estabilizantes cimentícios tem sido encorajada. Em Minas Gerais, o volume de rejeitos produzidos pela exploração de minério de ferro na região é imenso, além de serem estocados em barragens com alto risco de rompimento. Por isso, a presente pesquisa analisou o uso do sedimento de rejeito de minério de ferro (SRMF) na estabilização de solo para a produção de taipa de pilão, por meio de ensaio de resistência à compressão em corpos de prova cilíndricos. Pode-se concluir que a incorporação do SRMF melhorou a compactação das misturas e alterou, de forma positiva, o índice de plasticidade do solo. Foi possível obter valores de resistência a compressão próximos de 2,00 MPa sem a utilização do cimento.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil tem intensa produção minerária com elevada geração de rejeitos de mineração. No estado de Minas Gerais encontra-se o “quadrilátero ferrífero”, maior complexo siderúrgico latino-americano (Rocha Neto, 2020). No período colonial, diversas cidades do estado foram ocupadas com o objetivo de estabelecer pontos estratégicos voltados à exploração do minério. A extração de minério de ferro foi o ponto principal para que indústrias como a Vale, a Samarco e a Alcan estabelecessem-se na região, em períodos mais recentes (Silva, 2005). A deposição de rejeito de minério de ferro (RMF) em barragens tornou-se uma preocupação constante que cresce ao longo dos anos, devido a possibilidades de desastres, como foi o colapso da barragem de Brumadinho, em 2019. Sendo assim, maiores investigações sobre o uso desse material começaram a ser discutidas no sentido de evitar que continuem a ser estocados em barragens.

Foi diante desse cenário de intensa ocupação territorial por grandes mineradoras que ocorreu o maior acidente ambiental envolvendo barragens no Brasil, em 2015: a barragem de Fundão, com rejeitos de mineração, colapsou em Bento Rodrigues, subdistrito do município de Mariana, e provocou o deslocamento do material por 663 km até o litoral (Lacaz *et al.*, 2017). Esses rejeitos, por onde passaram, misturaram-se aos solos e aos rios tonando-se sedimentos. Nos últimos cinco anos, esforços foram feitos para dragar esse grande volume de material, restabelecer a paisagem natural e recuperar as cidades afetadas. Contudo, esse sedimento encontra-se estocado e aguarda melhor destinação.

A taipa de pilão é uma das técnicas construtivas com terra que se suporta através do solo compactado. Esse tipo de construção é feito através da compactação de camadas do solo úmido por compactadores manuais ou mecânicos, dentro de formas laterais de madeira ou metal (Hoffmann, 2017). A taipa de pilão tradicional foi utilizada no Brasil nos primeiros séculos da colonização, porém a técnica desapareceu quase por completo no século XVIII (Vasconcellos, 1979).

A terra como material de construção foi substituída por materiais hoje ditos convencionais, como o tijolo e bloco cerâmicos, o concreto e o aço. Porém, a busca por materiais alternativos devido a consequências climáticas, resultantes do uso de materiais convencionais associados a índices de poluição elevados, principalmente em sua cadeia produtiva, proporcionou o resgate de técnicas construtivas com terra.

Dessa forma, a fim de sistematizar os processos da taipa de pilão à realidade construtiva contemporânea, alguns países têm elaborado normas regulamentadoras da técnica, como os códigos de construção da Nova Zelândia, Austrália, Peru, Alemanha, Novo México, Zimbábue e Inglaterra; além de ensaios mais precisos para caracterização dos solos e investigações acerca de estabilizantes, como o cimento e a cal, para solos voltados a produção da taipa de pilão (Giuffrida *et al.*, 2019).

O termo estabilizante, nesse contexto, significa qualquer ação que possa ser realizada para melhorar as características do solo, de maneira a tornar esse material mais próximo do ideal para ser utilizado em uma situação determinada. Dentro das opções possíveis estão a correção granulométrica, a estabilização por cimentação, por armação, por impermeabilização ou por tratamento químico (Neves *et al.*, 2010). Entretanto, os estabilizantes cimentícios usados em solos para melhorar suas propriedades são criticados pelos ambientalistas pela sua contribuição ao efeito estufa e pelos impactos ambientais causados por esse material (Porter *et al.*, 2018; Siddiqua; Barreto, 2018).

O uso de resíduos como forma de melhorar as propriedades da taipa de pilão já foi apresentado por outros autores. Siddiqua e Barreto (2018) utilizaram subprodutos de carbonato de cálcio e cinzas volantes, que atuam como estabilizantes químicos, e alcançaram valores de resistência à compressão acima de 3 MPa. Associada à cal hidratada, o uso de cinzas volantes adicionada aos solos da região de Porto Alegre (RS) para estabilização de solo foi analisado por Rocha *et al.* (2014). Estes autores demonstraram existir uma relação direta entre maior uso de cinzas volantes com menor uso da cal, sugerindo teores do resíduo em torno de 30% e baixo teor de cal (3%), para alcançar resultados de resistência satisfatórios (em torno de 1,3 MPa), em período de cura de 90 dias. O uso desses resíduos também foi estudo por Arrigoni *et al.* (2017).

Liu *et al.* (2018) testaram escórias de aço em diferentes proporções como estabilizantes da terra para execução da taipa de pilão. Seus estudos apontam um aumento na resistência à compressão proporcionalmente ao aumento da porção de escórias, sendo 25% o valor máximo utilizado. Segundo este estudo, a adição da escória de aço dobrou sua capacidade de resistência à compressão, de 3 MPa a 6 MPa em 28 dias de cura. Além dos autores citados, Toufigh e Kianfar (2019) também testaram a goma de guar, fibra de vidro, pozolana e microssilica, junto a porções de 5, 7,5 e 10% de cimento Portland como estabilizantes alternativos, com valores de resistência a compressão variando de 1,15 MPa a 5,19 MPa; Milani e Labaki (2012) apresentaram o uso de resíduo de cinza da casca do arroz em porcentagens de 7,5%, junto de 10 a 13% de cimento para melhorar as propriedades de solos arenosos para a taipa de pilão; Kosarimovahhed e Toufigh (2020) apontam a importância do uso de resíduos sustentáveis para a estabilização de solos para execução da taipa de pilão para que a técnica continue sendo considerada de baixo impacto. Partindo desse ponto, determinou-se a resistência à compressão de misturas de terra com 0,7% de cimento e 6,5% de cinzas volantes.

Devido a semelhança da composição física do SRMF e do solo, ambos advindos de processos de decomposição de rochas, e por terem se misturado no meio ambiente após o colapso da barragem, objetivou-se analisar de que forma o SMRF poderia atuar na estabilização de solos com finalidade de produzir a taipa de pilão. Sendo assim, este artigo apresenta a análise inicial do comportamento do solo com incorporação de diferentes porcentagens de SRMF e cimentos.

2 DESENVOLVIMENTO

Para cumprir os objetivos, foram realizadas as seguintes atividades: i) coleta e caracterização dos materiais; ii) produção e cura dos corpos de prova; iii) análise de resistência à compressão axial.

2.1. Coleta dos materiais

Após o colapso da Barragem de Fundão, o material passou a ser considerado por este grupo como SRMF, já que o processo fez com que o rejeito deslocado se misturasse à matéria orgânica presente nos cursos d'água ou áreas vegetadas, por exemplo.

Faz parte do Plano de Manejo de Rejeito, elaborado através do termo de transação e de ajustamento de conduta (TTAC), a remoção e readequação do SRMF pela Fundação Renova, de forma a diminuir o impacto causado pelo deslocamento do material durante o desastre. Uma das ações do Plano foi despejar o SRMF em área de deposição de material excedente (ADME) após a obtenção de licenciamento ambiental permitindo tal atividade (CT-GRSA, 2018).

As amostras de sedimentos coletadas para esta pesquisa estavam em uma ADME localizada na Fazenda Alta Floresta, na zona rural de Barra Longa (MG). Este local de deposição está dentro do Trecho 9 do Plano de Manejo de Rejeito, na qual foi retirado o SRMF da calha do Rio Gualaxo do Norte e da área urbana de Barra Longa e proximidades (CT-GRSA, 2018). A cidade de Barra Longa dista 170 km de Belo Horizonte. Neste local, os sedimentos foram cobertos com uma camada de solo para revegetação. Por conta disso, as amostras de SRMF foram coletadas entre 60 e 80 cm de profundidade (figura 1).

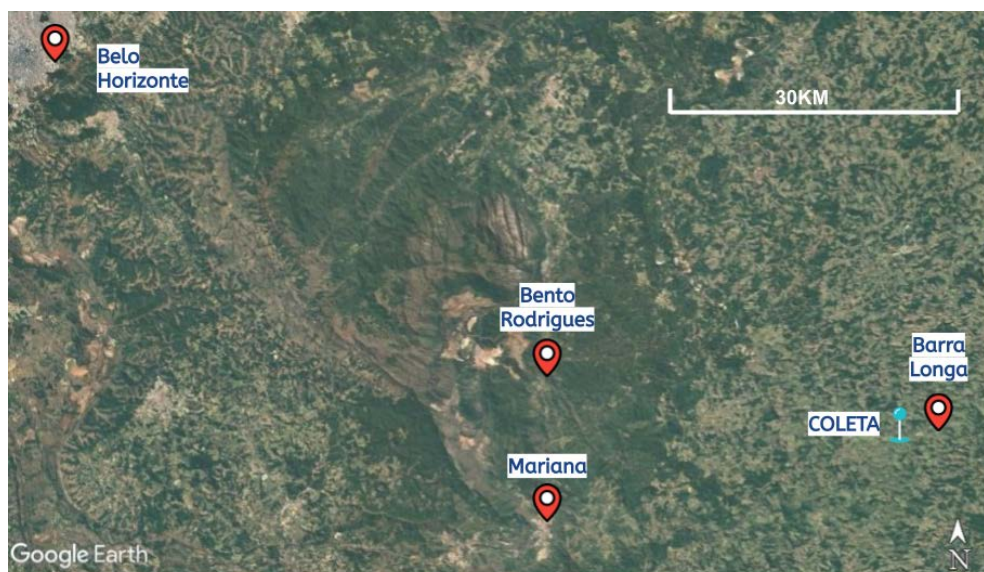


Figura 1. Localização do ponto de coleta no município de Barra Longa

O solo foi coletado em Pedro Leopoldo (MG), cidade da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH), distante 40 km da capital mineira. De acordo com a Embrapa Solos (2016), a área de coleta em Pedro Leopoldo possui argissolos vermelhos eutróficos, tal como Barra Longa, que além de argissolos contém também latossolos vermelho-amarelos distróficos (figura 2). Após a coleta, o solo ficou exposto ao ar livre, em local com livre incidência solar e intempéries.

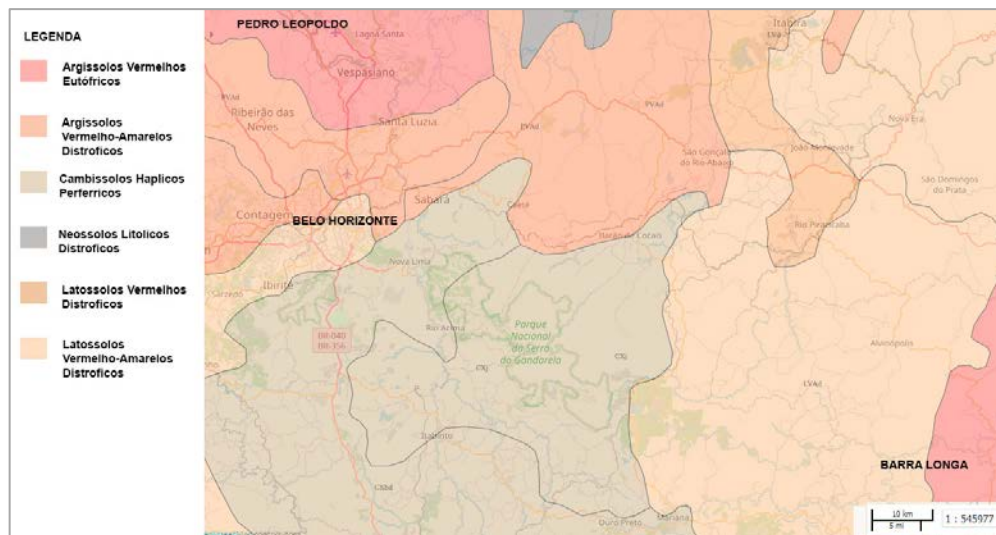


Figura 2. Mapa de solos da região analisada (adaptado de Embrapa Solos, 2016)

Além do solo e SRMF, foram utilizados dois tipos de cimento: cimento com alto teor de clínquer (CP V ARI) e outro com baixo teor de clínquer (CP II E 32), ambos de acordo com as especificações da NBR 16697 (2018).

2.2. Caracterização dos materiais

A amostra de SRMF e de solo foram caracterizadas por meio de ensaios físicos e químicos, para que fosse possível analisar as suas propriedades e como se processa a sua influência na estabilização do solo com finalidade de produção da taipa de pilão. Os ensaios realizados foram: i) Caracterização mineralógica, por meio de difração de raios X; ii) análise química por fluorescência de raios X; iii) massa específica; iv) massa unitária e volume de vazios; e v) análise granulométrica a laser.

A análise de difração de raios X foi realizada para identificar as fases minerais presentes na amostra de sedimento. O equipamento utilizado foi um difratômetro Panalytical da Philips, sistema 1710. As condições utilizadas foram: Radiação $\text{CuK}\alpha$ ($\lambda = 1,54$), passo de $0,06^\circ/\text{s}$ entre as faixas de varredura 10° a 90° em ângulo 2 theta (θ). Os dados obtidos foram trabalhados no software *Search Match*. Neste software, a identificação das fases foi realizada observando os padrões de difração característicos de cada mineral e a intensidade relativa, utilizando-se a base de dados PDF-2 do *International Centre for Diffraction Data* (ICDD). Posteriormente, os dados foram refinados pelo método Rietveld. Para o refinamento, utilizou-se o programa computacional *Fullprof* (2008), obtendo-se o percentual de cada fase mineral presente nas amostras.

Para validar a caracterização química das amostras, foi utilizada a análise por fluorescência de raios X. O equipamento utilizado foi um espectrômetro WDS e foram utilizados para esse teste nove condições diferentes de leitura dos elementos, variando a voltagem de 4kV até 50 kV para a varredura completa da tabela periódica nos materiais analisados.

Para o ensaio de determinação da massa específica do solo e do sedimento, foram adotados os procedimentos estabelecidos na NBR 16605 (2017). O preparo das amostras foi iniciado com o quarteamento através do divisor de rifles, seguido da secagem em estufa a temperatura de 45°C por 24h, e retirada da matéria orgânica por meio de peneiramento (peneira # 1,18 mm). Para o ensaio, foram utilizados 60 g de material, utilizando-se querosene como líquido não reagente. Não foi necessário o uso de banho termorregulador devido ao curto espaço de tempo entre os ensaios realizados com o mesmo material.

Para o ensaio de determinação da massa unitária e volume de vazios, utilizou-se a NBR 16972 (2021). O preparo das amostras foi feito com a secagem, de aproximadamente 5 kg de cada material, em estufa a temperatura de 45°C por 24h. A quantidade de material

necessária para preencher o recipiente estipulado pela norma (10 dm^3) foi adaptada utilizando-se um recipiente de 3 dm^3 .

O tamanho das partículas das amostras de solo e de SRMF foi analisado pelo método granulométrico a laser (partículas menores de 0,5 mm). Para isso, as amostras foram previamente secas em estufa a 80°C por 24 horas. O equipamento utilizado nessa análise foi um analisador de tamanho de partículas do Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN).

Adicionalmente, foram determinados os limites de consistência: de liquidez (LL) e de plasticidade (LP) e o índice de plasticidade (IP), tanto do solo original quanto da mistura solo-SRMF (proporção 60-40). Para a determinação do LL do solo, foi utilizado o procedimento estabelecido na NBR 6459 (2016) e a determinação do LP e IP seguiu os procedimentos da NBR 7180 (2016).

2.3. Produção e análise de corpos de prova

Para analisar a mistura SRMF, solo e aglomerantes (cimento Portland), foram produzidas 10 misturas: um traço apenas com solo (G0); três traços apenas com solo e SRMF (G1); três traços com solo, cimento CP II E 32 e SRMF (G2); e três traços com solo, cimento CP V ARI e SRMF (G3). O SRMF foi utilizado em substituição ao solo nos grupos G1, G2 e G3. O teor de água variou em função da umidade natural do solo e do SRMF e também em relação à consistência ideal de moldagem (Tabela 1).

Tabela 1. Grupos e proporções de materiais

Grupo	Traço	Solo (%)	SRMF (%)	Cimento (%)	Água (%)
G-0	T0	100,0	-	-	21,0
G1	T1	90,0	10,0	-	15,7
	T2	80,0	20,0	-	17,2
	T3	60,0	40,0	-	10,6
G2	T4	90,0	10,0	-	20,0
	T5	80,0	20,0	5,0	18,6
	T6	60,0	40,0	-	15,8
G3	T7	90,0	10,0	-	20,6
	T8	80,0	20,0	5,0	21,8
	T9	60,0	40,0	-	15,1

As misturas foram moldadas em moldes cilíndricos com 10 cm de diâmetro e 20 cm de altura, adaptados da NBR 12024 (2012), em uma proporção de 1:2 (diâmetro/altura), sendo adotada a moldagem com cinco camadas. Após análise prévia, utilizou-se o número de 10 golpes por camada para a compactação, valor adaptado da NBR 7182 (2016), que apresenta 12 como número de golpes para o molde cilíndrico de Proctor. Todas as camadas foram escarificadas antes do início da próxima. Utilizou-se soquete metálico, com intuito de uniformizar a energia de compactação, com massa de $2500 \pm 10 \text{ g}$ e em dispositivo de controle de altura de queda (guia) de $305 \pm 2 \text{ mm}$. As adaptações às normas apresentadas foram necessárias devido ao fato de que o corpo de prova cilíndrico é mais fácil de desmoldar que o de Proctor, que necessita de um extrator.

A mistura foi realizada em argamassadeira industrial de 60 L. A água foi adicionada aos poucos, conferindo a mistura de forma visual e tátil, até que esta atingisse a umidade apropriada para a moldagem. Depois da moldagem, os corpos de prova foram

imediatamente desmoldados e colocados em prateleiras ao ar livre, ambiente de laboratório (galpão aberto), em condições reais de temperatura e umidade local (apenas protegido de chuvas). Os corpos de prova não foram levados a câmaras ou estufas, de forma a não alterar a análise e para que esta possa ser o mais próximo do que seria a cura da taipa em condições reais de produção (Ciancio *et al.*, 2013).

Foram moldados seis corpos de prova para cada mistura e o período de secagem foi de 28 dias. Aos 21 dias, os corpos de prova tiveram sua massa aferida e foram capeados com mistura homogênea de cimento e água, de forma a se obter topos lisos e uniformes para a realização do ensaio de resistência à compressão, conforme NBR 12025 (2012). O ensaio de resistência à compressão foi realizado em prensa hidráulica semiautomática, com velocidade de carregamento de até 1 KN/min.

A análise dos resultados de resistência à compressão foi feita com base na NBR 7215 (2019). Calculou-se a média dos valores de resistências individuais e o desvio relativo máximo (DRM); se este fosse superior a 6%, calculou-se uma nova média, desconsiderando o valor discrepante, até atingir o valor do DRM $\leq 6\%$.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nas figura 3a e 3b, observam-se os difratogramas das amostras de SRMF e de solo. No SRMF, nota-se a predominância de quartzo (SiO_2 - ICDD - 46-1045) e hematita (α - Fe_2O_3 - ICDD - 33-664). Os elementos encontrados no SRMF de Barra Longa são consistentes com os achados na literatura (Dauce *et al.*, 2018; Andrade, 2014; Fontes *et al.*, 2016; Bastos *et al.*, 2016), confirmando que a amostra possui traços de minério de ferro. Pode-se notar, ainda, que a amostra de sedimento não possui características pozolânicas, uma vez que não se percebe formação de halo amorfo no difratograma. Já a amostra de solo apresenta picos de caulinita ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5$ - ICDD - 80-885) e de quartzo em destaque.

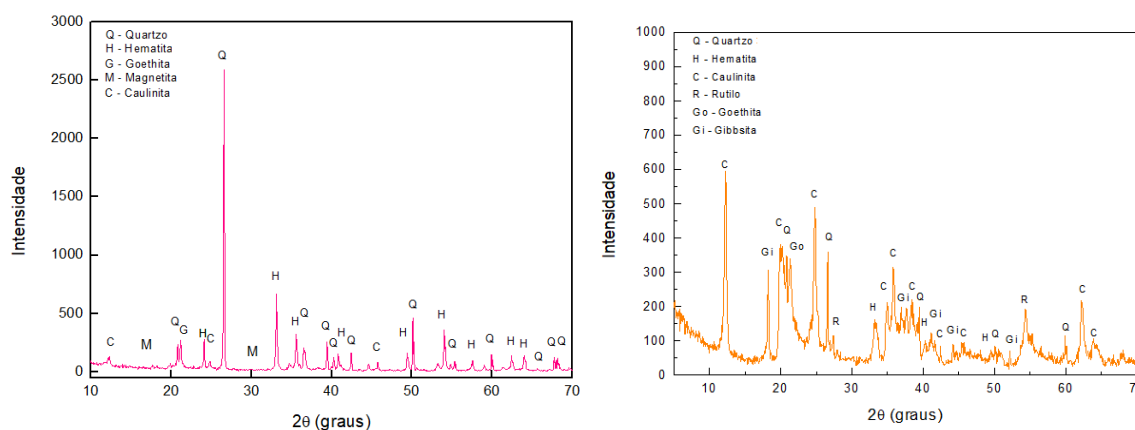


Figura 3. Difratograma do SRMF (esquerda) e da amostra de solo (direita)

Na amostra analisada, não foram encontrados minerais argilosos expansivos (montmorilonita, vermiculita, etc.) e a caulinita é considerada uma argila não expansível (Gomes *et al.*, 2014). Por meio da análise química, foi possível reiterar a composição química predominante do SRMF e do solo, com maior presença de óxido de silício e óxido de ferro no primeiro e óxido de silício e óxido de alumínio no segundo (tabela 2).

Tabela 2. Análise química das amostras por fluorescência de raios X, em %

Amostra	SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	TiO_2	K_2O	MnO	CaO
SRMF	67,05	9,57	6,39	0,67	0,62	0,07	0,21
Solo	41,94	6,14	26,89	1,65	0,15	0,01	0,09

Na tabela 3, apresentam-se os resultados correspondentes à massa específica, massa unitária e volume de vazios. A partir dos resultados obtidos de massa unitária (p_{ap}) e massa específica de cada amostra (d_1), calcula-se o volume de vazios (E_v) pela equação 1.

$$E_v = \frac{100 \times [(d_1 \times p_w) - p_{ap}]}{d_1 \times p_w} \quad (1)$$

sendo

d_1 = massa específica do material (kg/m^3)

p_w = massa específica da água (kg/m^3)

p_{ap} = massa unitária média do material (kg/m^3)

Tabela 3. Caracterização física das amostras

Amostras	Massa específica (kg/m^3)	Massa unitária (kg/m^3)	Volume de vazios (%)
SRMF	2790	1368	64,2
Solo	2340	1012	57,5

A massa específica do sedimento aproxima-se dos valores encontrados no cimento (2900 a 3100 kg/m^3), muito por conta da maior quantidade de óxido de silício. Na tabela 4, verifica-se o resultado da granulometria a laser. Partículas com diâmetro próximo a $15 \mu\text{m}$ podem ser associadas a óxidos de ferro e argila, enquanto que partículas com diâmetro próximo a $100 \mu\text{m}$ podem ser associadas principalmente ao quartzo (SiO_2). Dessa forma, nota-se que a amostra de SRMF, pela maior quantidade de óxido de silício, possui diâmetro médio maior que a amostra de solo, que tem teor maior quantidade de minerais argilosos.

Tabela 4. Granulometria a laser das amostras

Amostra	Diâmetro a 10% (μm)	Diâmetro a 50% (μm)	Diâmetro a 90% (μm)	Diâmetro médio (μm)
SRMF	3,64	41,15	126,42	54,68
Solo	2,60	26,51	49,70	26,41

Tendo como referência CRAtérre (1979), os valores relativos ao LL e ao IP indicam que o solo analisado pode ser classificado como siltoso. Após a adição de 40% de SRMF, a mistura manteve as características siltosas. Apesar disso, a diminuição do LL e do IP foi considerável e aproximou a mistura para características mais arenosas (tabela 5).

Tabela 5. Limites de consistência das amostras

Amostras	LL (%)	LP (%)	IP (%)
Solo	53	31	22
60% solo + 40% SRMF	34	19	14

Não há consenso, na literatura internacional, sobre os valores recomendados de LL e de IP para o solo empregado na taipa de pilão, no entanto, valores de LL entre 35 e 45% (raramente excedendo 45%) e valores de IP entre 7 e 30% são os mais aceitos (Gomes *et al.* 2014). Dessa forma, pode-se afirmar que a incorporação de SRMF melhorou as características do solo para seu melhor emprego na produção da taipa de pilão.

Os resultados obtidos pelo ensaio de resistência à compressão dos corpos de prova são apresentados na tabela 4.

Tabela 4. Resistência à compressão

Traço	SRMF (%)	Resistência à compressão (MPa)	Desvio Padrão	Coefficiente de variação (%)	Massa específica das amostras, aos 21 dias (kg/m ³)
G0 – Solo					
T0	---	0,72	0,07	10,00	1196
G1 – Solo + SRMF					
T1	10,0	1,18	0,04	3,93	1348
T2	20,0	1,24	0,05	4,07	1393
T3	40,0	1,80	0,15	8,53	1586
G2 – Solo + SRMF + 5% CPIX					
T4	10,0	1,10	0,09	8,75	1316
T5	20,0	1,27	0,13	10,91	1391
T6	40,0	1,57	0,07	4,45	1534
G3 – Solo + SRMF + 5% CPV					
T7	10,0	1,46	0,14	10,06	1373
T8	20,0	1,67	0,11	7,08	1427
T9	40,0	1,66	0,07	4,36	1530

Os valores de resistência à compressão aumentam na medida em que se aumentou a incorporação de SRMF ao solo, fato que tem relação direta com a correção dos valores de LL e IP, observado com mais intensidade na amostra T3. Em geral, a adição de ambos os tipos de cimento aumentou os valores de resistência à compressão em todos os grupos em relação à amostra não estabilizada (T0). No entanto, valores mais próximos de 2,00 MPa foram obtidos nas misturas sem cimento. Também, se observa que ambos os cimentos conferiram valores semelhantes com o mesmo teor de SRMF (T6 e T9), o que indica que a composição química do cimento (com mais ou menos clínquer) não interferiu nos resultados.

Em relação aos valores de resistência à compressão encontrados na literatura, pode-se dizer que a amostra T0, produzida somente com o solo sem adições, está fora dos parâmetros do que é considerado valor aceitável para a taipa de pilão. Ciancio *et al.* (2013) apontaram a falta de normas que padronizam os valores ideais de resistência à compressão, mas relacionam o valor de 2,00 MPa como o mais comumente adotado para a produção da taipa de pilão. Esse valor também é um parâmetro encontrado em Pacheco-Torgal e Jalali (2011) para construções com terra. Já Vega *et al.* (2011) consideram 1,00 MPa como o valor mais frequentemente utilizado como parâmetro para a resistência à compressão de construções com terra.

O aumento no grau de compactação das amostras pode ser percebido nos valores de massa específica seca, aos 21 dias, uma vez que os valores aumentaram com a substituição de solo por sedimento. Esse incremento pode ser devido à massa específica mais elevada do SRMF como também pode ser por conta do melhor empacotamento das partículas de solo e de sedimento. O valor de massa específica para a compactação adequada ficou em torno de 1500 kg/m³.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pelos resultados obtidos, observa-se a interação entre os sedimentos coletados em Barra Longa e o solo analisado. Tal fato pode apontar para uma estabilização física, por empacotamento, sem que haja a necessidade de uso de aglomerantes. Uma vez que o solo possua características mais argilosas, pode ser beneficiado com a incorporação do SRMF. Os rejeitos de mineração de ferro são produzidos a partir de rochas, que são trituradas e beneficiadas, a origem dos dois materiais, solo e sedimento, corrobora para os achados deste artigo.

Além do mais, é preciso pontuar que a busca por estabilizantes que causem menor impacto ambiental é um consenso entre os pesquisadores. Torna-se positiva a observação de que o SRMF seja um material com potencial de ser utilizado em matrizes não cimentícias (argamassas e concretos).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrade, L. C. R. (2014). Caracterização de rejeitos de mineração de ferro, in natura e segregados, para aplicação como material de construção civil. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- Arrigoni, A.; Pelosato, R.; Dotelli, G.; Beckett, C. T. S.; Ciancio, D (2017). Weathering's beneficial effect on waste-stabilised rammed earth: a chemical and microstructural investigation. *Construction and Building Materials*, v. 140, p. 157-166.
- Bastos, L. A. de C.; Silva, G. C.; Mendes, J. C.; Peixoto, R. A. F. (2016). Using iron ore tailings from tailing dams as road material. *Journal of Materials in Civil Engineering*, v. 28, n. 10.
- Ciancio, D.; Jaquin, P.; Walker, P. (2013). Advances on the assessment of soil suitability for rammed earth. *Construct Build Mater*, 2013, v.42, p. 40-47
- CRAterre – Centre International de la Construction en Terre. (1979). Construire en terre. Paris: CRAterre. 270 p
- CT-GRSA (2018). Nota Técnica CT-GRSA nº 13/2018: Análise do documento “Volume 4 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeito no Trecho 9.
- Dauce P. D.; Castro, G. B. de; Lima, M. F.; Lima, R. M. F. (2018). Characterisation and magnetic concentration of an iron ore tailings. *Journal of Materials Research and Technology*, v.8, n.1, p.1051-1059.
- Embrapa Solos (2016). Níveis levantamentos de solos do Brasil. Disponível em <<http://geoinfo.cnps.embrapa.br/maps/616#more>>
- Fontes W.; Mendes, J. C.; Silva, S. N. da; Peixoto, R. A. F. (2016). Mortars for laying and coating produced with iron ore tailings from tailing dams. *Construction and Building Materials*, v. 112, p. 988–995, 2016.
- Giuffrida, G.; Caponetto, R.; Cuomo, M. (2019). An overview on contemporary rammed earth buildings: technological advances in production, construction and material characterization. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, v. 296, 2019.
- Gomes, M. I.; Gonçalves, T.; Faria, P. (2014). Unstabilised rammed earth: characterization of material collected from old constructions in South Portugal and comparison to normative requirements. *International Journal of Architectural Heritage*, Taylor & Francis, 8(2): 185-212. DOI 10.1080/15583058.2012.683133.
- Hoffmann, M. V. (2017). Arquitetura e construção com terra: taipa de pilão. *Revista restauro*, n.1.
- Kosarimovahhed, M.; Toufigh, V. (2020) Sustainable usage of waste materials as stabilizer in rammed earth structures. *Journal of Cleaner Production*, v. 277
- Lacaz, F. A. de C.; Porto, M. F. De S.; Pinheiro, T. M. M. (2017). Tragédias brasileiras contemporâneas: o caso do rompimento da barragem de sedimentos de Fundão/Samarco. *Revista Brasileira de Saúde Ocupacional.*, v. 42
- Liu, X.; Hu, M.; Ke, S.; Fu, C.; Guo, X.; Ye, X. (2018). A novel rammed earthen material stabilized with steel slags. *Construction and Building Materials*, v. 189, p. 1134-1139

- Milani, A. P. da S.; Labaki, L. C. (2012). Physical, mechanical, and thermal performance of cement-stabilized rammed earth–rice husk ash walls. *Journal of Materials in Civil Engineering*, v. 24, n. 6.
- NBR 6459 (2016). Solo - Determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- NBR 7180 (2016). Solo - Determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- NBR 7182 (2016). Solo – Ensaio de compactação. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- NBR 7215 (2019). Cimento Portland– Determinação da resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- NBR 12024 (2012). Solo-cimento - Moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos - Procedimento. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- NBR 12025 (2012). Solo-cimento -Ensaio de compressão simples de corpos de prova cilíndricos - Método de ensaio. Brasil: Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- NBR 16605 (2017). Cimento Portland e outros materiais em pó - Determinação da massa específica. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- NBR 16697 (2018). Cimento Portland – Requisitos. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- NBR 16972 (2021). Agregados - Determinação da massa unitária e do índice de vazios. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- Neves, Célia; Faria, Obede Borges; Rotondaro, Rodolfo; Cevallos, Patricio Salas; Hoffmann, Márcio Vieira (2010). Seleção de solos e métodos de controle na construção com terra – práticas de campo. PROTERRA. Disponível em <http://www.redproterra.org>
- Pacheco-Torgal, F.; Jalali, S. (2011). Earth construction: lessons from the past for future eco-efficient construction. *Construction and Building Materials*, v. 29, p.512-519, 2011
- Porter, H.; Blake, J.; Dhami, N. K.; Mukherjee, A. (2018). Rammed earth blocks with improved multifunctional performance. *Cement and Concrete Composites*, v. 92, p. 36-46.
- Rocha Neto, J. M. da. (2020). Os “Sem Rio”: populações desterritorializadas pelo desastre ambiental de Mariana. *Revista Cerrados*, [S. l.], v. 18, n. 02, p. 152–182.
- Rocha, C. G. da; Consoli, N. C.; Johann, A. D. R. (2014). Greening stabilized rammed earth: devising more sustainable dosages based on strength controlling equations. *Journal of Cleaner Production*, v. 66, p. 19-26.
- Siddiqua, S.; Barreto, P. (2018). Chemical stabilization of rammed earth using calcium carbide residue and fly ash. *Construction and Building Materials*, v. 169, p. 364-371, 2018
- Silva, V. R. F. (2005). Estariam Ouro Preto e Mariana preservadas? Remanescências das formas de construir e viver. Em: Encontro Nacional da Associação de Pósgraduação e Pesquisa em Planejamento Urbano e Regional – ANPUR, 11., 2005, Salvador. Anais. Salvador: ANPUR
- Toufigh, V.; Kianfar, E. (2019). The effects of stabilizers on the thermal and the mechanical properties of rammed earth at various humidities and their environmental impacts. *Construction and Building Materials*, v.200, p.616-629
- Vasconcellos, S. de. (1979). *Arquitetura no Brasil: sistemas construtivos*. 5ed. rev. Belo Horizonte: UFMG
- Vega, P.; Juan-Valdes, A.; Guerra, M. I.; Aguado, P. J. et al. (2011). Mechanical characterization of traditional adobes from the north of Spain. *Construction and Building Materials*. v.25, p.3020–3023

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais - FAPEMIG [processo APQ05495-18].

AUTORES

Gabriela Tavares de Lanna Lage, arquiteta urbanista e mestranda em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável (UFMG). Possui formação transversal em Saberes Tradicionais pela UFMG. Bolsista BDCTII, Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG). Currículo completo em <http://lattes.cnpq.br/3764656706327884>

Isabela Karoline Mendonça, arquiteta e urbanista pela Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Currículo completo em <http://lattes.cnpq.br/4912417272779710>

Júlia Weber Nogueira, graduanda em arquitetura e urbanismo na Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Bolsista de Iniciação Científica (FAPEMIG). Currículo completo em <http://lattes.cnpq.br/9803032086293740>

Sofia Araújo Lima Bessa, arquiteta e doutora em Engenharia Urbana. Professora da Escola de Arquitetura da UFMG e do Programa de Pós-graduação em Patrimônio Sustentável e Ambiente Construído. Coordenadora do Núcleo de Pesquisas em Materiais Sustentáveis. Currículo completo em <http://lattes.cnpq.br/1142385823563089>.

ANÁLISE DA ESTABILIZAÇÃO DE SOLOS COM CIMENTOS BRASILEIROS PARA A PRODUÇÃO DE TAIPA DE PILÃO

Isabela Karoline Mendonça¹; Gabriela T. L. Lage²; Júlia A. W. Nogueira³; Sofia Araújo Lima Bessa⁴

Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil, ¹isabelakaroline4@gmail.com; ³jujuwebern@gmail.com; ⁴sofiabessa@ufmg.br

²Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais, Brasil, gabrielatlanna@gmail.com

Palavras-chave: cimento Portland, construção com terra

Resumo

A taipa de pilão é uma técnica de construção com terra que existe há milhares de anos. Embora não seja comum hoje no Brasil, a construção com taipa de pilão é praticada em vários pontos da história, sendo utilizada desde o período colonial, com algumas construções existentes até os dias de hoje. Como material de construção natural, a terra apresenta a vantagem de estar disponível em grande parte das regiões do mundo, podendo ser retirada até mesmo no próprio local da construção, diminuindo custos e energia de produção. Devido à grande procura por edificações eficientes econômica e energeticamente, a taipa vem ganhando espaço como forma de construção na contemporaneidade. Entretanto, uma desvantagem da construção com terra é que este não é um material padronizado e sua composição depende das características geológicas e climáticas da região. Outro problema bastante encontrado na revisão da literatura, diz respeito a erosão das taipas na presença de água, seja do subsolo, da superfície ou da chuva. Portanto, como forma de suprir essa lacuna, a presente pesquisa consiste no estudo e análise da estabilização do solo da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH) com cimentos Portland brasileiros (CP II E-32 e CP V ARI) por meio do ensaio de resistência à compressão. A partir desse estudo, pôde-se concluir que as misturas de solo com os cimentos analisados apresentaram resultados positivos e que, de modo geral, o uso do cimento Portland apresentou-se como promissor material para melhorar a qualidade do solo com vistas à produção de taipa.

1 INTRODUÇÃO

A terra é um material de construção natural finito, mas com grande presença no planeta e está disponível na maior parte das regiões do mundo. A sua utilização como matéria-prima existe há milhares de anos e foi usada em várias culturas antigas, com tendências diferentes, dependendo das condicionantes locais e históricas. Como material de construção, a terra pode ser processada de maneiras distintas, tendo composições e aplicações diversas, apresentando diferentes nomes, como por exemplo, taipa, blocos de terra, lama, tijolos ou adobe. Entre as diversas técnicas de construção com terra, a presente pesquisa discorre sobre a taipa de pilão.

As etapas desse processo tradicional são extração, preparação e compactação. A terra utilizada nesse tipo de construção é obtida com frequência diretamente no local da construção, ao escavar as fundações ou o terreno. Embora não seja comum hoje no Brasil, a construção em taipa foi praticada em vários momentos da história, sendo uma técnica herdada do período colonial.

Atualmente, cada vez mais as pessoas procuram edificações eficientes econômica e energeticamente, buscando economizar recursos e energia consumidos para habitação (Minke, 2015). Além disso, nos países em desenvolvimento há um forte interesse em suprir as necessidades de moradia com baixo preço de construção.

Para atender essas premissas, houve um crescente interesse em todo o mundo pela construção com terra, dando um maior valor para a utilização de materiais de construção locais e técnicas de autoconstrução que visam minimizar custos e um baixo consumo de

energia, proporcionando sustentabilidade social, financeira e ambiental (Hamard *et al.*, 2016).

A composição e as propriedades dos solos variam, dependendo das condições locais onde se encontra. Após a caracterização, muitas vezes é necessário um processo de estabilização para corrigir e melhorar as propriedades mecânicas e de durabilidade. De uma forma abrangente, a estabilização do solo consiste em modificar as características do sistema solo-água-ar para adequar a mistura às propriedades necessárias à aplicação que se quer dar.

Estabilizadores típicos incluem cimento, cal, betume e produtos químicos de adesão. Adicionar mais argila ao solo também é uma opção. Elementos como fibra vegetal, estrume de animais e resinas sintéticas também podem ser incorporadas. Com essas possibilidades de melhoramento das características do solo, a construção da taipa de pilão pode ficar mais viável em termos técnicos e ambientais (Gramlich, 2013; Minke, 2015; Britannica, 2008; Pisani, 2004).

As propriedades do solo podem ser melhoradas por estabilização física (melhor distribuição de tamanho de partícula e proporção da mistura), mecânica (compactação dinâmica) e por meio de produtos químicos (usando cimento, cal ou qualquer outro aglomerante). A escolha do tipo de estabilização deve ter viabilidade técnica e econômica e pode variar de acordo com finalidade do produto final, características dos materiais empregados e propriedades do solo que se deseja corrigir ou adequar. Visando a estabilização do solo, este trabalho busca conhecer e analisar o método de estabilização de solos com os cimentos Portland brasileiros, que possuem composições diferentes.

Os fatores que influenciam a estabilização do solo com cimento são: o tipo de solo (granulometria, fração argila, grau de plasticidade), o tipo do cimento e as condições de compactação e de cura. As recomendações são para a realização da avaliação do solo em relação à granulometria, índice de plasticidade e umidade ótima de compactação para obter bons resultados sob os aspectos físico-mecânicos e de durabilidade.

Sabe-se que o cimento exerce influência no comportamento do solo (Pisani, 2004; Guettala *et al.*, 2006; Britannica, 2008; Ciancio; Beckett, 2013; Gramlich, 2013; Minke, 2015; Khadka, 2020). Entretanto, o teor ótimo de cimento a ser adicionado ao solo depende de critérios técnicos (resistência, durabilidade) e econômicos que se pretende alcançar. Além do mais, a composição dos cimentos brasileiros varia, de modo que é importante entender se um cimento com menos clínquer pode ser utilizado da mesma forma que um cimento com adições, considerando valores médios de resistência à compressão encontrados na literatura.

Dessa forma, este trabalho teve como objetivo analisar os efeitos da adição de dois diferentes tipos de cimentos brasileiros nas propriedades físicas de um solo da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH) e avaliar a resistência à compressão das misturas em corpos de prova cilíndricos, visando a execução da taipa de pilão.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Como forma de avaliar a estabilização de solos com intuito de produzir taipa de pilão, a presente pesquisa adotou as seguintes etapas: i) coleta e caracterização do solo; e ii) produção e avaliação mecânica de corpos de prova de solo com adição de cimento.

Foram usados os seguintes materiais: solo coletado na cidade de Pedro Leopoldo, na RMBH; cimento Portland composto com escória (CP II E-32); e cimento Portland de alta resistência (CP V ARI), em acordo com as exigências físicas e químicas da NBR 16697 (2018). A escolha dos cimentos deveu-se à necessidade de se comparar o comportamento do solo estabilizado com um cimento composto com adição (CP II E-32) e um outro com alto teor de clínquer (CP V ARI). O CP II E pode ter até 34% de escória granulada de alto forno e 15% de material carbonático.

Para esta pesquisa, utilizou-se a fração do solo passante na peneira de 4,80 mm de abertura de malha. O solo ficou disposto ao ar livre e foi peneirado no momento da sua utilização, buscando simular como ocorreria em uma obra de construção.

O solo foi analisado em relação aos seguintes parâmetros:

- Análise granulométrica por meio de granulometria a laser (partículas inferiores a 0,5 mm). Para este último, as amostras foram previamente secas em estufa a 80°C por 24 horas. O equipamento utilizado nessa análise foi um analisador de tamanho de partículas do Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN).
- Intervalo plástico definido por meio da determinação dos limites de liquidez, por meio da NBR 7180 (2016), e de plasticidade por meio da NBR 6459 (2016) do material;
- Caracterização mineralógica obtida por difração de raios X no difratômetro Panalytical da Philips, sistema 1710.
- Caracterização química realizada por fluorescência de raios X: O equipamento utilizado foi um espectrômetro WDS e foram utilizados para esse teste nove condições diferentes de leitura dos elementos, variando a voltagem de 4kV até 50 kV para a varredura completa da tabela periódica nos materiais analisados.

Na segunda fase da pesquisa, visando analisar a estabilização do solo, foram adotados diferentes teores de cimento em relação à massa seca do solo: 5,0%, 7,5% e 10,0% (tabela 1). As amostras foram classificadas em três grupos, conforme discriminado na tabela 1.

Tabela 1: Proporção dos materiais usados para estabilização do solo

Grupo	Amostra	Cimento	% de cimento adicionada
G0	T0	-	-
G1	T1	CP II E-32	5,0
	T2		7,5
	T3		10,0
G2	T4	CP V ARI	5,0
	T5		7,5
	T6		10,0

Esses teores foram escolhidos em função das recomendações observadas na literatura (Guettala *et al.* 2006; Ciancio.; Beckett 2013; Gramlich, 2013; Khadka, 2020), na qual são indicados os teores de 4% a 10% de cimento para estabilização de solos destinados para a produção de taipa ou de blocos e tijolos de solo-cimento.

Para a realização do ensaio de resistência à compressão, foram moldados corpos de prova cilíndricos com 10 cm de diâmetro e 20 cm de altura (figura 1). Este molde foi utilizado como adaptação da NBR 12024 (2012), que sugere o molde de corpo de prova cilíndrico com 10 cm de diâmetro e 12,7 cm de altura, com o intuito de seguir a proporção 1:2 (diâmetro: altura), a qual se considera adequado para a interpretação dos resultados dos ensaios mecânicos (Milani, 2008), e visto que ainda não há uma norma brasileira específica para a taipa de pilão.

A mistura de solo e cimento foi compactada em cinco camadas com aplicações de 10 golpes em cada camada com soquete metálico com massa de 2500 ± 10 g e em dispositivo de controle de altura de queda (guia) de 305 ± 2 mm, seguindo recomendações da NBR 12024 (2012) e com adaptações da NBR 7182 (2016). Foi realizada escarificação entre as camadas.



Figura 1. Corpos de prova cilíndricos, preparados para os ensaios

Os corpos de prova foram moldados na umidade ótima das misturas de solo e cimento, variando a quantidade de água adicionada às misturas para cada tipo de cimento (CP II E-32 e CP V). O cimento foi utilizado como adição em relação ao total de solo, em massa. Após a mistura, foram moldados seis corpos de prova para cada amostra.

A cura foi realizada por 28 dias em ambiente de laboratório, ao ar livre, mas protegido das intempéries. Em se tratando de avaliação de solo estabilizado para produção da taipa, procurou-se repetir as condições de cura da taipa em condições normais.

Os corpos de prova foram capeados aos 21 dias, com pasta de cimento em toda face de aplicação da carga e de apoio, apresentando capas planas e uniformes no momento do ensaio.

O ensaio de resistência à compressão foi escolhido por este representar a solicitação usual de paredes de taipa de pilão e por ser considerado como um dos parâmetros mais representativos para a construção com taipa (Avila *et al.*, 2020). Este ensaio foi realizado conforme a NBR 12025 (2012), sendo, porém, excluída a fase de imersão dos corpos de prova em água, antes do rompimento.

Em relação a avaliação dos resultados de resistência à compressão, estes foram avaliados com base na NBR 7215 (2019). Calculou-se a média dos valores de resistências individuais, em MPa, dos seis corpos de prova ensaiados na mesma idade. Entretanto, sem arredondamento ao décimo mais próximo, como é estabelecido pela NBR 7215, já que esse arredondamento poderia alterar consideravelmente o resultado final.

Após encontrar a média, calculou-se o desvio relativo máximo (DRM) da série de seis resultados, dividindo o valor absoluto da diferença entre a resistência média e a resistência individual que mais se afastou desta média, para mais ou para menos, pela resistência média e multiplicando este quociente por 100. Quando o desvio relativo máximo foi superior a 6%, calculou-se uma nova média, desconsiderando o valor discrepante, persistindo o cálculo até atingir o valor do DRM $\leq 6\%$ (2019).

$$DRM = \frac{D_{max}}{\bar{x}'} \times 100$$

No qual:

D_{max} é o desvio máximo da última seleção formada.

\bar{x}' é a média da última seleção formada.

É importante ressaltar que a escolha do método de cálculo descrito pela NBR 7215 deveu-se ao fato apenas discricionário do cálculo, não tendo nenhuma relação com comparação de resultados exigidos por essa norma, visto que essa trata da resistência à compressão de corpos de prova de argamassa com cimento Portland.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O ensaio de granulometria a laser determina os diâmetros das partículas do solo (tabela 2). A figura 1 apresenta o difratograma do solo estudado. A fração de caulinita ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5$) é maioria, seguida pela gibbsita ($\text{Al}(\text{OH})_3$). Esses achados estão em acordo com a caracterização química do solo, que retornou os valores de 42% de SiO_2 e 27% de Al_2O_3 .

Tabela 2. Resultados - Diâmetro de partículas

Amostras	Diâmetro a 10% (μm)	Diâmetro a 50% (μm)	Diâmetro a 90% (μm)	Diâmetro médio (μm)
Solo	2,60	26,51	49,70	26,41

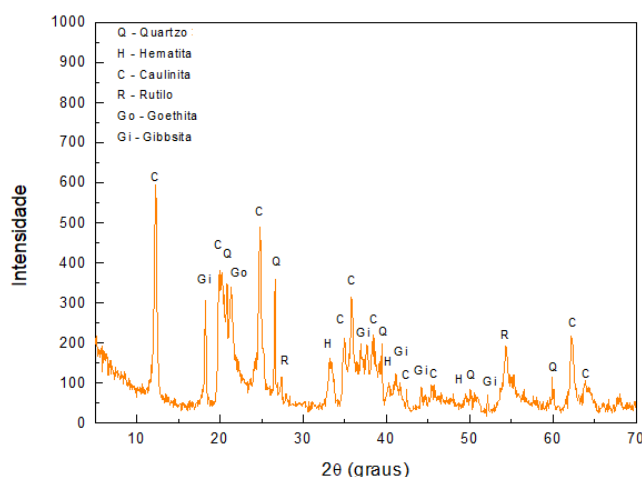


Figura 2. Difratograma de raios X - amostra de solo

Os ensaios de limites de consistência do solo indicam: limite de liquidez (LL) 53%; limite de plasticidade (LP) 31% e índice de plasticidade (IP) de 22%. Os valores de limites recomendados para a taipa de pilão corresponde a LL entre 35 e 45% (raramente excedendo 45%) e IP entre 7 e 30% (Gomes *et al.*, 2014). Como o LL excede o recomendado pela literatura internacional, o emprego de cimento pode ser uma opção de estabilização desse solo.

Após 21 dias de idade, aferiu-se a massa específica dos corpos de prova para se obter a massa específica seca antes do capeamento (tabela 3). Observa-se que a massa específica das amostras com cimento aumentou em relação à amostra de referência (T0), o que pode ser relacionado à melhor compactação das misturas com a incorporação do cimento

Tabela 3. Massa específica seca das amostras

Amostra	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Massa específica (kg/m^3)	1,196	1,354	1,329	1,326	1,235	1,401	1,367
Incremento (%)	-	13,21	11,14	10,84	3,22	17,13	14,29

Após 28 dias de idade, os corpos de prova foram rompidos. Observou-se que o modo de ruptura foi semelhante entre as amostras T2, T3, T5 e T6. Para essas amostras, os corpos de prova chegaram a romper sem apresentar fissuras aparentes, o que pode ser indício de que as amostras com mais cimento podem apresentar um comportamento mais dúctil. Já as amostras T1 e T4 também apresentaram rupturas semelhantes entre elas, entretanto mais perceptíveis. Na tabela 4, apresentam-se os resultados médios dos ensaios de resistência à compressão das amostras, calculados com base na NBR 7215 (2019).

Tabela 4: Resultados da resistência a compressão segundo a NBR 7215 (2019)

Amostra	Tipo de cimento	% de cimento	Resistência à compressão (MPa)		
			Média	Desvio padrão	Coefficiente de variação
T0	-	-	0,50	0,01	2,35
T1	CP II E-32	5,0	1,46	0,02	1,42
T2		7,5	1,47	0,07	4,81
T3		10,0	1,90	0,05	2,42
T4	CP V ARI	5,0	0,88	0,01	1,43
T5		7,5	1,95	0,08	4,31
T6		10,0	1,51	0,04	2,81

Comparando-se os resultados do ensaio de resistência à compressão entre os diferentes traços, consta-se que as amostras com adição de cimento Portland, os resultados foram superiores a 1,00 MPa, com exceção da amostra com 5% de adição de CP V (T4), ainda assim superior ao resultado da amostra referência (T0), sem adição de cimento.

Em contrapartida, a amostra com 7,5% de adição de CP V (T5) apresentou o melhor resultado de resistência à compressão, indicando maior compatibilidade entre o solo e o tipo de cimento. A resistência à compressão da taipa é um dos ensaios mais importantes em estudos dos sistemas de vedação, pois se trata do principal esforço ao qual a alvenaria está sujeita. Embora todas as amostras com cimento tenham atingido valores de resistência à compressão acima dos valores da amostra de referência, e acima dos valores encontrados na literatura, as amostras produzidas com adição do CP II E 32 demonstraram comportamento mecânico satisfatório.

Avilla *et al.* (2020) realizaram uma revisão bibliográfica acerca da caracterização das propriedades mecânicas e físicas da taipa não estabilizada e encontraram resultados de resistência à compressão entre 1,0 e 2,5 MPa, valores condizentes com os que foram encontrados na presente pesquisa.

Como abordado anteriormente, no Brasil ainda não há regulamentação para construção com taipa, mas a nível internacional existem países com regulamentos que apresentam valores de resistência à compressão para esse tipo de construção. A norma neozelandeza NZS 4297 (1998) aborda os aspectos relacionados às construções em adobe, BTC e taipa, estabelecendo o valor de resistência à compressão de 0,50 MPa. No Peru, a Norma E.080 (2017) define para a taipa o valor de 1,0 MPa para a resistência à compressão.

Assim, a adição do cimento no solo resultou em melhores valores de resistência à compressão, promovendo aumento significativo da resistência à compressão simples em relação ao traço referência (solo sem estabilização), o que sugere a necessidade de estabilização do solo utilizado.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Está em discussão, pela Comissão de Estudo da ABNT, a norma de taipa brasileira, no entanto, este estudo foi realizado sem ainda contar com esta referência. Dessa forma, para avaliar a resistência mecânica da estabilização do solo da RMBH com cimento, a análise dos resultados foi feita considerando parâmetros existentes em outros países por meio da literatura. Com os resultados obtidos, é possível observar que o uso do cimento Portland melhorou as propriedades mecânicas do solo.

Após a análise, foi possível concluir que:

- As amostras moldadas com cimento Portland obtiveram valores superiores aos parâmetros técnicos internacionais considerados neste estudo.
- Os resultados mecânicos obtidos pelas amostras atestam a compatibilidade entre o solo utilizado e os cimentos Portland CP II E-32 e CP V ARI. Entretanto, é importante ressaltar a necessidade da análise de durabilidade das amostras para avaliar se estas devem considerar o emprego de impermeabilizantes a fim de preservar a integridade do sistema construtivo contra a ação das intempéries.
- Fundamentado nos critérios adotados, foi comprovada a viabilidade técnica da estabilização do solo para execução da taipa produzida com solo da Região Metropolitana de Belo Horizonte com adição de cimento Portland.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Avila, F.; Puertas, E.; Gallego, R. (2020). Characterization of the mechanical and physical properties of unstabilized rammed earth: A review. *Construction and Building Materials*.

Britannica, The Editors of Encyclopedia (2008). Rammed earth. *Encyclopedia Britannica*, Disponível em: <<https://www.britannica.com/technology/rammed-earth>>

Ciancio, D.; Beckett, C. (2013). Rammed Earth: an overview of a sustainable construction material. In: *Proceedings of Third International Conference on Sustainable Constructions Materials and Technologies*. p. 19-21.

Gomes, M. I.; Gonçalves, T.; Faria, P. (2014). Unstabilised Rammed Earth: Characterization of Material Collected from Old Constructions in South Portugal and Comparison to Normative Requirements. *International Journal of Architectural Heritage*, Taylor & Francis, 8(2): 185-212. DOI 10.1080/15583058.2012.683133.

Gramlich, Ashley Nicolle. (2013). A concise history of the use of the rammed earth building technique including information on methods of preservation, repair, and maintenance. Tese. Eugene: University of Oregon.

Guettala, A.; Abibsi, A.; Houari, H. (2006). Durability study of stabilized earth concrete under both laboratory and climatic conditions exposure. *Construction and Building Materials*, v. 20, n. 3, p. 119-127.

Hamard, E.; Cammas, Cécilia; Fabbri, Antonin; Razakamanantsoa, Andry; Cazacliu, Bogdan; Morel, Jean-Claude_(2017). Historical rammed earth process description thanks to micromorphological analysis. *International Journal of Architectural Heritage*, v. 11, n. 3, p. 314-323.

Khadka, B. (2020). Rammed earth, as a sustainable and structurally safe green building: a housing solution in the era of global warming and climate change. *Asian Journal of Civil Engineering*, v. 21, n. 1, p. 119-136.

Milani, Ana Paula da Silva. (2008). Avaliação física, mecânica e térmica do material solo-cimento-cinza de casca de arroz e seu desempenho como parede monolítica. Tese de Doutorado. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola.

Minke, Gernot (2015). *Manual de construção com terra: uma arquitetura sustentável*. São Paulo: B4 Editores.

NBR 12024 (2012). Solo-cimento – Moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos – Procedimento. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.

NBR 12025 (2012). Solo-cimento – Ensaio de compressão simples de corpos de prova cilíndricos – Método de ensaio. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.

NBR 16697 (2018). Cimento Portland – Requisitos. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.

NBR 6459 (2016). Solo – Determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.

NBR 7180 (2016). Solo – Determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.

NBR 7182 (2016). Solo – Ensaio de compactação. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.

NBR 7215 (2019). Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.

Norma E.080 (2017). Diseño y construcción con tierra reforzada. Perú: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Disponible en: <https://www.sencico.gob.pe/descargar.php?idFile=3478>

NZS 4297 (1998). Engineering design of earth buildings. Nova Zelândia: Earth Building Association of New Zealand.

Pisani, M. A. (2004). Taipas: a arquitetura de terra. Revista Sinergia, v. 5, n. 1, p. 9-15.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais - FAPEMIG [processo APQ05495-18].

AUTORES

Isabela Karoline Mendonça, graduanda em arquitetura e urbanismo na Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Currículo completo em <http://lattes.cnpq.br/4912417272779710>

Gabriela Tavares de Lanna Lage, arquiteta pela Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Possui formação transversal em Saberes Tradicionais pela UFMG. Currículo completo em <http://lattes.cnpq.br/3764656706327884>

Júlia Weber Nogueira, graduanda em arquitetura e urbanismo na Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Currículo completo em <http://lattes.cnpq.br/9803032086293740>

Sofia Araújo Lima Bessa, arquiteta e doutora em Engenharia Urbana. Professora da Escola de Arquitetura da UFMG e do Programa de Pós-graduação em Patrimônio Sustentável e Ambiente Construído. Coordenadora do Núcleo de Pesquisas em Materiais Sustentáveis. Currículo completo em <http://lattes.cnpq.br/1142385823563089>.



REGIÃO SERTÃO DO NORDESTE DO BRASIL: ANÁLISE DE SOLOS E TÉCNICAS DE CONSTRUÇÃO COM TERRA

Darlan R.de Lima¹, Sofia A. L. Bessa²

¹Escola de Arquitetura. Universidade Do Minho - Portugal.darlanarq@gmail.com

²Escola de Arquitetura e Urbanismo – UFMG, Brasil. sofiabessa@ufmg.br

Palavras-chave: taipa de pilão, arquitetura vernácula, caatinga

Resumo

A Região Nordeste do Brasil pode ser caracterizada por condições climáticas adversas, com poucos meses de chuva por ano, e solo arenoso. A partir do contexto histórico da região, são observadas técnicas tradicionais que se preservam nos modos de construir e habitar, ainda atuais, como o adobe, enquanto técnicas construtivas recorrentes, sobretudo, na zona rural. É possível, no entanto, correlacionar as propriedades dos solos com a arquitetura e construção com terra mais apropriada para essa região. Foram selecionados e identificados os solos de maior ocorrência na região. Com foco para utilização da taipa de pilão, foi formulado um solo semelhante ao Neossolo Litólico, sendo este o que mais se aproxima às especificações para a técnica proposta e o segundo em maior recorrência na região. Após a caracterização e produção dos corpos de prova com o solo formulado e estabilizado com cal, foi avaliada a resistência à compressão e a absorção de água por capilaridade. Foram alcançados os valores mínimos aceitáveis para o solo formulado e com adição de cal. Para a resistência à compressão, os corpos de prova produzidos com solo formulado alcançaram 2,75 MPa e, com adição de 4% de cal, o valor de 4,07 MPa. No ensaio de absorção de água por capilaridade, o coeficiente mínimo admissível é 1,20 kg/m².√h. Os corpos de prova produzidos com solo formulado obtiveram 1,69 kg/m².√h e com 4% de adição de cal obteve-se o valor de 1,15 kg/m².√h. A partir dos resultados obtidos nas análises, a taipa de pilão apresentou-se como técnica de construção com terra viável para implantação com os solos da região, notadamente o Neossolo Litólico. Em virtude da diminuta porcentagem de água utilizada, em relação a outras técnicas de construção com terra, os resultados dos estudos realizados apontam para um tipo de construção que seria apropriada para a região, convergindo no mesmo íterim para o uso racional da água e para uma construção com menor impacto ambiental.

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVAS

Considera-se pertinente o desenvolvimento de pesquisas científicas que, contextualizadas com a realidade local donde se propõe a investida, valorize a cultura e as tradições locais (UNESCO, 2016). Não obstante, tais estudos podem vir a averiguar possibilidades que contribuam para a manutenção das tradições e, sobretudo, indique caminhos para a melhoria da qualidade de vida, o que neste estudo concentra-se nas habitações e técnicas já existentes, apresentando, todavia, a taipa de pilão enquanto estudo de caso e como uma possibilidade exequível.

Este artigo baseia-se na investigação realizada no decurso do Mestrado em Reabilitação e Construção Sustentáveis da Escola de Engenharia na Universidade do Minho, Portugal. À vista disso, foram consideradas as normas vigentes na universidade para os procedimentos laboratoriais e para os ensaios realizados. Devido à impossibilidade de várias ordens, o solo utilizado para os ensaios no referido estudo foi simulado em laboratório, considerando e aproximando-se às características do solo de referência.

Adverte-se que em nenhum momento o presente estudo se coloca com a intenção de modificar qualquer aspecto das tradições construtivas locais, mas sim, analisar a técnica proposta enquanto mais uma alternativa, posto compatibilizar com os procedimentos construtivos identificados nas tradições locais. Em outras palavras, a semelhança dos

modos do fazer – a técnica – quando comparados, equivale-se ao resultado pretendido, ou seja, uma construção que utiliza a mão de obra e os materiais locais, de modo a satisfazer as necessidades, mas, acima de tudo, esteja de acordo com as expectativas e possibilidades da própria comunidade em questão.

Em virtude das características econômicas, sociais e ambientais a região Nordeste do Brasil está dividida em quatro sub-regiões, a saber: Meio Norte, Sertão, Agreste e Zona da Mata (Embrapa, sd). A região Nordeste representa, ainda, na atualidade, a área mais subdesenvolvida da América do Sul (Galeano, 2013), o que conduz o esmero deste e outros trabalhos dedicados à região, em especial a região Sertão.

O significado da palavra Sertão possui etimologia obscura segundo Cunha (2010, p.592), indica, por sua vez, uma zona “[...] distante das povoações ou terras cultivadas [...]”. Todavia, adéqua-se um possível esclarecimento sobre a evolução e adaptação do vocábulo, como se segue.

A palavra Sertão teve origem durante a colonização do Brasil pelos portugueses, que ao perceberem a diferença climática entre este e o litoral Nordestino, chamaram o novo espaço de “desertão”. Logo, a palavra foi entendida como “de sertão”, ficando, por fim, apenas Sertão (Peres-Marin; Santos, 2013, p. 35).

O bioma predominante na região Sertão é a Caatinga; esse designativo tem origem no idioma Tupi-Guarani significando floresta branca, aspecto representativo da vegetação durante o período de estiagem, quando as folhas caem. Durante os ciclos de resfriamento e aquecimento do período geológico da terra, ocorreu há aproximadamente 10 mil anos a diminuição gradativa da umidade e o aumento progressivo da temperatura “[...] levando ao aumento da caatinga, tendo atingidas as condições atuais há 4.353 anos [...]” (Oliveira *et al.*, 1999, apud Barros *et al.* 2019, p. 105).

Semiárido, Caatinga e Sertão são termos, muitas vezes, utilizados como sinônimos. Porém, semiárido refere-se ao clima dessa região. Caatinga é um termo mais abrangente que envolve clima, relevo, vegetação e fauna. Já sertão, refere-se a qualquer região distante de grandes centros urbanos, com baixa infraestrutura e baixa densidade demográfica. Além do Nordeste, o termo sertão também é utilizado na região centro-oeste (Sena, 2011, p. 12).

A caatinga possui uma extensão de aproximadamente 844 mil quilômetros. É um bioma exclusivamente brasileiro, estendendo-se no Nordeste e em uma faixa do Estado de Minas Gerais. O clima é semiárido quente e muito quente, com precipitação média de 400 a 800 mm por ano distribuído de três a seis meses. A insolação é vigorosa, proporcionando altas taxas de evaporação, prevalecendo uma temperatura média entre 24° C e 26° C (Velloso; Pareyn, 2001; Araújo, 2002; Freire, 2018; Barros *et al.*, 2019).

A vegetação é predominantemente xerófila, ou seja, adaptada às condições semiáridas e à escassez de água, e distribui-se entre florestas arbóreas e arbustivas, áreas de savanas com presença de arbustos com galhos retorcidos, campos rupestres e presença recorrente de cactos e bromélias. O relevo expõe as formações do tipo chapadas, planaltos, planícies de deposição e patamares na passagem para depressões e bacias sedimentares. O solo em geral é raso, rico em minerais, pobre em matéria orgânica, pedregoso e com fragmentos de rochas na superfície (Velloso; Pareyn, 2001; Araújo, 2002; Freire, 2018; Barros *et al.*, 2019).

Posto a diversidade de suas características, o bioma caatinga foi dividido em oito ecorregiões, onde cada uma revela “[...] uma unidade relativamente grande de terra e água delimitada pelos fatores biótico e abióticos que regulam a estrutura e função das comunidades naturais que lá se encontram [...]” (Velloso; Pareyn, 2001, p. 3).

Com base no contexto histórico da região, desde sua formação, ou mesmo, deformação, sob os conflitos oriundos da invasão do território por parte dos colonizadores, as técnicas construtivas hoje identificadas foram sendo formadas, durante a hibridação cultural no perfazer dos séculos. As três vertentes culturais que engendram a formação social da região

Sertão - indígena, africana e ibérica -, constituem o cabedal das técnicas construtivas que evoluíram e adaptaram-se, fazendo-se presente.

[...] devido à miscigenação da mão-de-obra escrava dos tempos coloniais, dos povos indígenas e africanos [...] verifica-se que construções indígenas passaram a utilizar a terra enquanto material de construção em abobes, taipas, ou mesmo o tijolo cozido e telhas cerâmicas. [...] O barreamento, a taipa-de-mão ou taipa de sopapo e o adobe atribui-se à origem africana. [...] As construções em pedra advindas das técnicas da cantaria, a taipa de pilão e as técnicas derivadas da olaria [...] compõem a influência ibérica. Já os arranjos das construções e suas plantas denotam a hibridação das três influências associadas (Lima *et al.*, 2020, p. 15).

Ante as hipóteses sobre a origem das construções vernáculas da região Sertão, analisando, sobretudo a realidade das construções tradicionais da zona rural da região em voga, é possível verificar a recorrência de técnicas construtivas que se adaptaram à realidade e evoluíram dentro do espaço social que estão envoltos os modos de vida agrários, tal como o adobe, a taipa de mão e outras técnicas mistas (Diniz, 2013).

Considerando o desenvolvimento das técnicas construtivas incorporadas aos novos arranjos socioeconômicos e políticos de cada realidade territorial, que, por sua vez convertem-se na incorporação dos novos métodos construtivos para atualidade do espaço em desenvolvimento, nota-se na região em estudo que tais avanços, sejam socioeconômicos ou concernentes às técnicas construtivas não correspondem à paisagem observada, tampouco, percorrem o espaço, em sua generalidade, das populações rurais.

[...] o desenvolvimento não é apenas um processo de acumulação e de aumento de produtividade macroeconômica, mas principalmente uma via de acesso a formas sociais mais aptas para estimular a criatividade humana e para responder às aspirações de uma coletividade [...] (d'Aguiar, 2013, p. 368).

As construções tradicionais da zona rural da região Sertão conservam, nos modos do fazer, o hábito da autoconstrução, comumente em mutirões realizados na própria comunidade em questão, “expressando sua criatividade e respondendo às aspirações da coletividade”, como bem explicita d'Aguiar (2013). Rememorando e ressignificando os tempos idos, onde as técnicas forjavam-se no encontro das culturas construtivas dos povos que a formaram, estes elaboravam deste modo, o que hoje permanece, indicando não somente a adequabilidade das técnicas à região e ao momento tecnológico da sociedade, mas, especialmente, a possibilidade da realização de procedimentos construtivos análogos às técnicas já identificadas.

Posto a compreensível assimilação dos procedimentos construtivos da taipa de pilão, em comparação ao adobe e à taipa de mão, conjugados aos modos de vida sobreditos da população rural, o presente artigo pretende analisar a viabilidade da taipa de pilão para o contexto social e técnico da região Sertão. Valendo-se da similaridade dos procedimentos construtivos, averiguando a viabilidade dos solos para a técnica sugerida e, considerando ainda a quantidade de água utilizada para trabalhabilidade do material, uma vez que a escassez de água e os processos de desertificação na região encontram-se em crescimento avançado.

Tenciona-se explorar a utilização do solo que melhor se adéque à taipa de pilão, examinado um solo elaborado em ambiente laboratorial onde, no qual, os corpos de prova produzidos com o solo elaborado foram testados com relação à compressão uniaxial e à absorção de água por capilaridade, que são propriedades categóricas relativamente à resistência e à durabilidade das construções com terra.

Dessa forma, o objetivo principal foi analisar os solos da região e a viabilidade de seu uso para construção em terra, de modo a:

- Investigar os solos selecionados e as técnicas correlatas com suas correções e estabilizações;

- Verificar, por meio de ensaios laboratoriais, o comportamento do Neossolo Litólico em relação à compressão uniaxial e absorção de água por capilaridade para sua utilização para taipa de pilão;
- Averiguar a taipa de pilão enquanto possibilidade construtiva, posta a possível assimilação e execução da técnica.

Devido à escassez de água na região Sertão e o crescimento de áreas em processos de desertificação verificadas, a pequena quantidade de água utilizada na taipa de pilão em comparação às outras técnicas identificadas na região, representa, de certo modo, uma medida que pretende reduzir o consumo de água, considerando as mudanças climáticas e os impactos na região.

2 MÉTODOS E PROCEDIMENTOS

O método aplicado neste artigo apoia-se na investigação realizada por Lima (2019), na qual foi examinada a sustentabilidade das construções com terra na região Sertão do Nordeste do Brasil. Como efeito, foi proposta a análise da taipa de pilão enquanto possibilidade de técnica construtiva, elaborada a partir das premissas apresentadas nos objetivos deste artigo.

Por meio da revisão bibliográfica, foram identificados os solos que ocorrem no bioma da região Sertão e destacados os de maior incidência conforme tabela 1. Em seguida, foi realizada a correlação dos três solos de maior ocorrência com as técnicas que mais se aproximam da natureza dos solos selecionados, relativamente à fase mineral, exposto na tabela 2. Com base em Neves *et al.* (2009), propôs-se também algumas correções e estabilização para as técnicas sugeridas.

Tabela 1. Solos da região Sertão do Nordeste do Brasil (adaptado de Araújo, 2002; Leal *et al.*, 2003; Freire, 2018)

Solos	Área total (km ²)
1 - Latossolo	156.727
2 - Podzóico/ Argilossolo	110.000
3 - Bruno não Cálcico	98.938
4 - Planossolo	68.188
5 - Solonetz Solodizado/ Planossolo Nátrico	10.312
6 - Solonchaks	10.312
7 - Cambiossolo	27.500
8 - Vertissolo	10.187
9 - Areias Quartzosas/ Neossolo Quartzarênico	69.625
10 - Regossolo	32.750
11 - Litólico/ Neossolo Litólico	143.374
12 - Rendzina	2.125
13 - Solos Aluviais/ NeossoloFlúvico	15.937
14 - Brunizéns Avermelhados/ Chernossolo Argilúvico	1.312

Tabela 2. Solos e técnicas de construção com terra correlata
(adaptado de Embrapa, 2014; Neves *et al.*, 2009; Leal *et al.*, 2003; Araújo, 2002).

Identificação do solo e área de ocorrência	Textura	Técnicas sugeridas
Latossolo Chapadas no Sul do Piauí, sertão da Bahia e de Pernambuco Área total de ocorrência: 156.721 km ²	Média com alto teor de areia. 0% a 35 % de argila	BTC, terra compactada, tijolo prensado, cob
Neossolo Litólico Bahia, Alagoas e Pernambuco Área total de ocorrência: 143.374 km ²	Média e arenosa. 0% a 35% de argila	BTC, terra compactada, tijolo prensado, cob
Argiloso Ceará, Bahia, Pernambuco, Rio Grande do Norte e Paraíba Área total de ocorrência: 110.00 km ²	Arenosa e média. 0% a 35% de argila	Tijolo prensado, adobe, terra compactada
Correção e estabilização		
Correções granulométricas, impermeabilizantes, fibras naturais, cimento Portland e cal		

Adiante, foi formulado um solo em laboratório no intuito de simular o Neossolo Litólico. Devido a restrições financeiras e logísticas, tornou-se inviável a utilização do solo real para o estudo, o que resultou na escolha de se reproduzir um solo que se aproximasse ao solo de referência.

O preparo do solo foi feito com a mistura de dois solos reais disponíveis no Laboratório de Materiais de Construção da Universidade do Minho, apresentando características aproximadas ao solo de referência. O Neossolo Litólico se distingue por ser um solo com pouca espessura na camada de seus materiais constituintes, devido ao caráter litólico, que apresenta contato com a rocha de origem por volta de 50 centímetros de profundidade (Embrapa, 2014; 2006; Leal *et al.*, 2003; Araújo, 2002).

Outros aspectos desse solo encontram-se na tabela 3. Optou-se por averiguar o comportamento do solo estabilizado com a cal, por se tratar de um procedimento construtivo de caráter vernáculo e, ainda, pela revisão bibliográfica, observou-se que essa escolha obtivera melhores valores de resistência mecânica para a taipa de pilão. Na estabilização do solo foi utilizada a cal hidratada CL 90, disponibilizada pelo Laboratório de Materiais de Construção da Universidade do Minho, e de acordo com a norma portuguesa NP EN 459-1 (2002), o material mostra-se com grande porcentagem de óxido de alumínio e sílica, possuindo 90% de óxido de cálcio, de acordo com Eires (2012), sendo semelhante à cal do tipo CH-I brasileira.

Tabela 3. Características do Neossolo Litólico (adaptado de Embrapa, 2006; 2014; Leal *et al.*, 2003; Araújo, 2002)

Neossolo Litólico	
<ul style="list-style-type: none"> - Recorrente em área montanhosa e relevo movimentado; - Pequena profundidade apresentando contato lítico dentro com 50 cm de profundidade; - Média permeabilidade; - Fertilidade natural alta; - Alto volume de piçarra; - Drenados; - Cultivos de subsistência em áreas planas; - Pedregoso e rochoso e baixo teor de matéria orgânica 	<ul style="list-style-type: none"> - Predominância de óxidos de ferro, de alumínio e caulinita (argila de baixa atividade); [...] Utilizado como substrato para pastagem natural e cultivos de subsistência em áreas planas, porém, em razão de suas limitações, sua indicação principal é para preservação ambiental [...] (Embrapa, 2014, p. 3).

Para a caracterização do solo, foram utilizados os ensaios de determinação da curva de distribuição granulométrica e o de azul de metileno. Destaca-se, novamente, que a investigação que norteia esse artigo foi desenvolvida na Universidade do Minho, Portugal, portanto as normas e critérios técnicos seguiram as diretrizes da universidade, não obstante foram consultadas referências internacionais.

A norma utilizada para o ensaio de determinação da curva granulométrica foi a NP EN 933-1 (2014). Destaca-se na curva de distribuição granulométrica (figura 5) a distribuição dos grãos expressando as propriedades convenientes para os ensaios subsequentes.

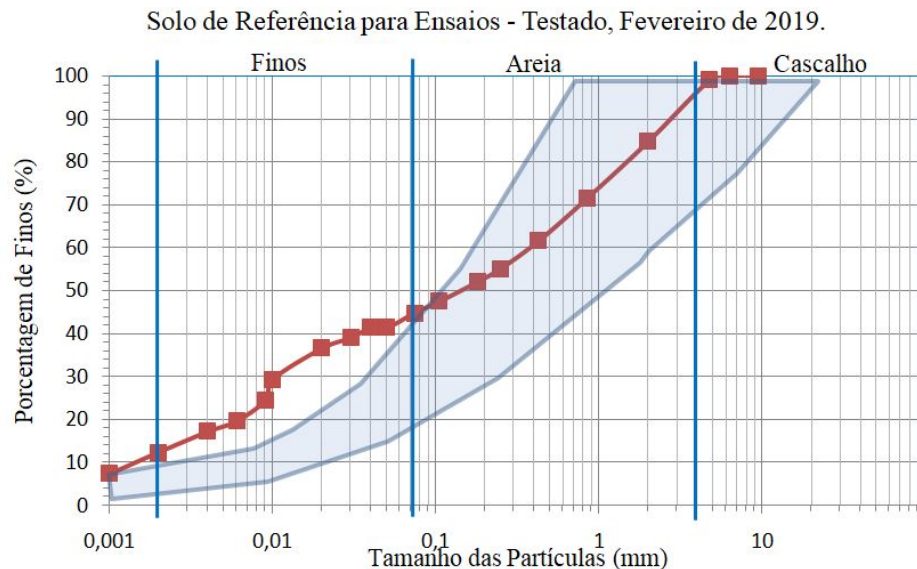


Figura 5. Determinação da curva granulométrica (adaptado de Lima, 2019)

O ensaio azul de metileno visou determinar a atividade das argilas que compõem o solo através da troca iônica entre os cátions presentes em partículas inferiores a 2 mm. A norma que referenciou esse ensaio foi a NP EN 933-9 (2002), e como aponta Lima (2019), convém proceder com a estabilização do solo analisado, que foi realizada com a cal hidratada.

[...] De acordo com Fabbri (1994), os solos que contém valores no ensaio de azul de metileno abaixo de 11g de corante por kg de fração de solo inferior a 2 mm têm baixa atividade de argila. Conclui-se, portanto, que o solo em estudo possuindo 3,96 g de corante por kg de fração de solo inferior a 2 mm de diâmetro, apresenta baixa atividade de argila, indicando novamente a conveniente estabilização do solo [...] (Lima, 2019, p. 102).

Fundamentado em Embrapa (2014), o Neossolo Litólico apresenta a caulinita, argila de baixa atividade, logo “[...] a força de ligação iônica é relativamente fraca [...]” (Minke, 2006, p. 19-22). Demonstrando a conveniente estabilização com a cal hidratada, uma vez que a argila cumpre a função de elemento de ligação entre as partículas maiores e, para o solo analisado, completa essa função. A estabilização realizada aplica-se tanto para o solo simulado em laboratório bem como para a possível aplicação em solo real, devido suas características.

A umidade ideal de preparo da mistura para a confecção dos corpos de prova adveio a partir do ensaio de compactação que determina a relação do teor de água e a massa específica seca do solo, utilizada enquanto referência a Norma do LNEC E-197 (1996). A massa específica seca entre 1,65 g/cm³ e 1,76 g/cm³ apresenta fraco desempenho. De acordo com os resultados obtidos o solo em questão indica o valor de 1,95 g/cm³ para a massa específica seca máxima, apontando desempenho satisfatório para os consecutivos ensaios (Lima, 2019).

Convém esclarecer uma excentricidade ocorrida durante a confecção dos corpos de prova. A trabalhabilidade ideal para a mistura deriva do teor de umidade indicada no ensaio de compactação, que, para o solo utilizado, indica o valor de 11,5%. Porém, durante a

produção dos corpos de prova, utilizando os valores referidos, não se alcançou o padrão apropriado, que para a técnica analisada é um solo levemente umedecido. Portanto, acrescentou-se, além do valor do ensaio de compactação, a metade da massa do ligante utilizado, a cal hidratada, como relatado na tabela 5, e teve como referência as quantidades para um corpo de prova confeccionado em molde cilíndrico de 5 cm de altura por 5 cm de diâmetro.

O estudo das dosagens e a estabilização do solo efetuada estão descritos na tabela 6. Os corpos de prova foram confeccionados em molde cilíndrico com 5 cm de diâmetro por 5 cm de altura e prensados em prensa hidráulica mecânica com carga aplicada de 2,0 MPa. A cura durou 28 dias em temperatura ambiente do laboratório para os corpos de prova utilizados para os testes de compressão uniaxial. Já para o ensaio de absorção de água por capilaridade, a cura foi realizada em estufa com temperatura de $40 \pm 5^\circ\text{C}$ durante seis dias, observando-se as diretrizes da norma de referência.

Tabela 5. Dosagem para um corpo de prova

Solo	Cal hidratada	Água
220g	4% = 8,8g	29,7g

“[...] Água: 29,7g: 25,3g configuram a porcentagem expressa no ensaio compactação com o cilindro de Proctor (11,5%) e a metade da massa do ligante (cal) em água, isto é, 4,4g [...]” (Lima, 2019, p. 104)

Tabela 6. Traços compostos por solo e cal hidratada

Subgrupos	Solo (%)	Cal (%)	Corpo de prova cilíndrico (P.I) unidade
T.0	100	0,0	6
T1. 1	96,0	4,0	6
T1. 2	94,0	6,0	6
T1. 3	92,0	8,0	6
T1. 4	90,0	10,0	6

Os métodos e normas de ensaio para a resistência à compressão uniaxial seguiram os procedimentos da ASTM D 1633 (2000), sendo utilizada uma prensa hidráulica de precisão com a carga aplicada de 1 mm/min. O ensaio de absorção de água por capilaridade baseou-se nas especificações da LNEC E-393 (1993).

3 PRINCIPAIS RESULTADOS OBTIDOS

De acordo com a revisão bibliográfica “[...] dos valores aceitáveis para resistência à compressão da taipa de pilão e do BTC, [...] admite-se que valores em torno de 3 MPa convergem para resistências admissíveis [...]” (Lima, 2019, p. 106). Os resultados obtidos dos ensaios de compressão uniaxial (figura 6) mostraram-se satisfatórios, uma vez que respondem a propriedades categóricas para construção com terra dentro dos sistemas monolíticos e para o solo compactado.

O solo de referência que simulou o Neossolo Litólico, sem a estabilização com cal, atingiu a resistência à compressão de 2,75 MPa, situando-se próximo aos valores admissíveis para o solo estabilizado com cal (3 a 5 MPa). Além do mais, correspondeu satisfatoriamente à resistência mínima, encontrada na literatura, e à menor porcentagem de cal utilizada para estabilização, ou seja, 4%, por ter obtido resistência à compressão no valor de 4,07 MPa.

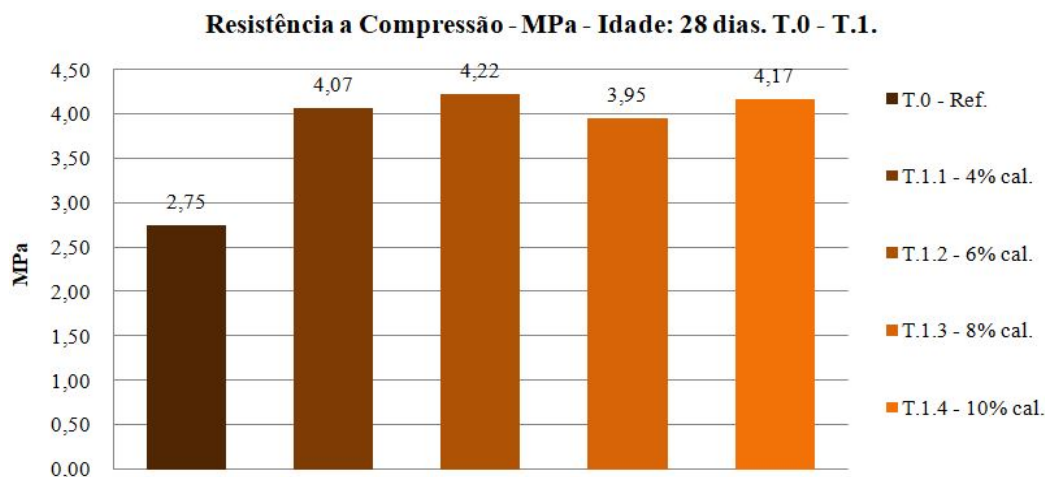


Figura 6. Valores do ensaio de resistência à compressão uniaxial (adaptado de Lima, 2019)

No ensaio de absorção de água por capilaridade incluso na perspectiva da construção com terra, o coeficiente satisfatório utilizado para absorção capilar está à volta de 1,2 a 13,4 $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \sqrt{\text{h}})$, sendo aceitável o mínimo de 1,2 $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \sqrt{\text{h}})$, (Eires, 2012). Conforme se verifica na figura 7, os corpos de prova produzidos com solo formulado (T0) obtiveram 1,69 $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \sqrt{\text{h}})$ e com 4% de adição de cal (T1.1) obteve-se o valor de 1,15 $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \sqrt{\text{h}})$.

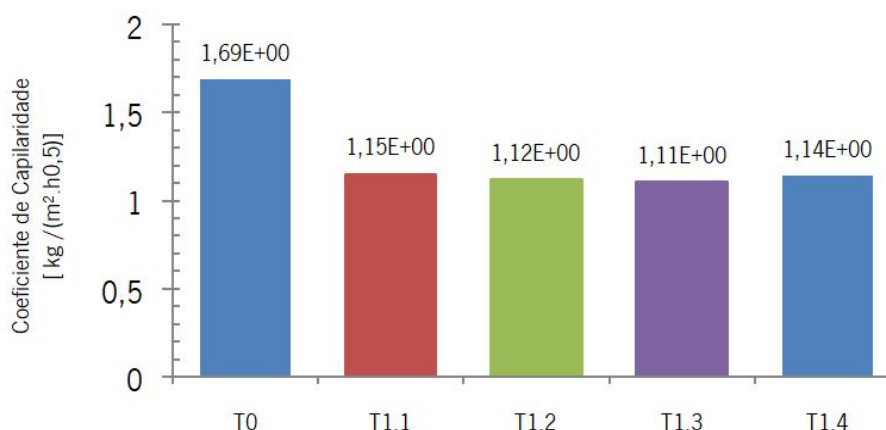


Figura 7. Coeficientes de absorção de água por capilaridade (adaptado de Lima, 2019)

As composições estabilizadas com cal, notadamente, T1.1, T1.2, T1.3 e T1.4, condizem com a determinação da norma de referência, ou seja, encontram-se abaixo do valor de absorção mínimo exigível de 1,2 $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \sqrt{\text{h}})$, satisfazendo as expectativas. Valores acima deste podem indicar que o produto final apresentou-se com porosidade elevada, resultado de baixa energia de compactação, uma vez que para este ensaio, quanto menor a absorção maior será a resistência do corpo de prova aos efeitos da absorção de água.

A amostra T1.1 apresentou os melhores resultados para os ensaios realizados, atendendo as exigências referidas na bibliografia consultada. Na resistência à compressão utilizou-se a menor porcentagem de cal na estabilização, 4%, atingindo a resistência de 4,07 MPa. Para o ensaio de absorção de água por capilaridade, o valor se manteve abaixo do mínimo aceitável, alcançando 1,15 $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \sqrt{\text{h}})$.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados obtidos nas análises, a taipa de pilão apresentou-se como técnica de construção com terra viável para implantação com o solo analisado, que simulou o solo da região, o Neossolo Litólico. Em virtude da diminuta porcentagem de água utilizada, em relação a outras técnicas de construção com terra, os resultados dos estudos realizados

apontam para um tipo de construção que seria apropriada para a região, convergindo no mesmo íterim para o uso racional da água e para uma construção com menor impacto ambiental em uma região seca e de escassas chuvas ao longo do ano.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAUJO, Quintino Reis (org) (2002). 500 anos de uso do solo no Brasil. Ilhéus: Editus.
- ASTM D 1633 – 00 (2000). Standard test methods for compressive strength of molded soil- cement cylinders. West Conshohocken: ASTM.
- BARROS, Joana; PIETRO, Gustavo; MARINHO, Caio (org.) (2019). Sertão, sertões: representando contradições, reconstruindo veredas. Editora Elefante,.
- CUNHA, Antônio Geraldo da (2010). Dicionário etimológico da língua portuguesa. - 4 ed. revista pela nova ortografia. Rio de Janeiro: Lexikon.
- d'AGUIAR, Rosa Freire (org.) (2013) Essencial Celso Furtado. São Paulo: PeguinClassics Companhia das Letras
- DINIZ, Nathália Maria Montenegro (2013). Um sertão entre tantos outros: fazendas de gato das Ribeiras do Norte. Tese (Doutorado – Área de Concentração: História e Fundamentos da Arquitetura e do Urbanismo), FAUSP. São Paulo.
- EIRES, Rute Maria Gonçalves (2012). Construção em terra: desempenho melhorado com incorporação de biopolímeros. Tese (doutorado em Engenharia Civil). Universidade do Minho, Guimarães, Portugal.
- EMBRAPA (2006). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2. ed. – Rio de Janeiro : Embrapa-SPI.
- EMBRAPA (2014). Solos do Nordeste. Recife: Embrapa Solos
- EMBRAPA (sd). Região Nordeste. Contando ciência na web. Disponível em: <https://www.embrapa.br/contando-ciencia/regiao-nordeste>. Consultado em 19-08-2021.
- FREIRE, Neison Cabral Ferreira (org.) (2018). Atlas das caatingas - o único bioma exclusivamente brasileiro. Recife: Fundação Joaquim Nabuco, Editora Massangana.
- GALEANO, Eduardo H. (2013) As veias abertas da América Latina. Porto Alegre: L&PM.
- LEAL, Inara R.; TABARELLI, Marcelo; SILVA, José Maria Cardoso da (2003). Ecologia e conservação da caatinga. Recife: Ed. Universitária da UFPE.
- LIMA, Darlan Rodrigues de (2019). Construções em terra. Caso de estudo para a Região Sertão do Nordeste do Brasil. Mestrado em Reabilitação e Construção Sustentáveis. Escola de Engenharia Civil. Universidade do Minho, Portugal.
- LIMA, Darlan Rodrigues de; BESSA, Sofia Araújo Lima; EIRES, Rute Maria Gonçalves (2020). As origens da construção vernacular no sertão do nordeste brasileiro. In: Seminário Arquitetura Vernácula, 2. Anais... Belo Horizonte: Escola de Arquitetura da UFMG
- LNEC E-197 (1996). Solos. Ensaio de compactação. Lisboa
- LNEC E-393 (1993). Betões. Determinação da absorção de água por capilaridade. Lisboa.
- MINKE, Gernot. Manual de construção com terra: uma arquitetura sustentável. 2006.
- NEVES, Célia Maria Martins; FARIA, Obede Borges; ROTONDARO, Rodolfo; CEVALLOS, Patrício S.; HOFFMANN, Márcio Vieira. (2009). Seleção de solos e métodos de controle na construção com terra – práticas de campo. Rede Ibero-americana PROTERRA. Disponível em <http://www.redproterra.org>. Acessado em 24/08/2021.
- NP EN 459-1: (2002) Cal para construção – Parte 1: Definições, especificações e critério de conformidade. Instituto Português da Qualidade, IPQ, 2002.
- NP EN 933-1 (2014). Ensaio das propriedades geométricas dos agregados - Parte 1: Análise granulométrica - Método de peneiração. Instituto Português da Qualidade.
- NP EN 933-9 (2002) Ensaio das propriedades dos agregados: Parte 90." Instituto Português da Qualidade.

PERES - MARIN, Aldrin Martin; SANTOS, Ana Paulo Silva dos (coord) (2013). O semiárido brasileiro: riquezas, diversidade e saberes. Campina Grande: INSA/MCTI (Coleção Reconhecendo o Semiárido, 1)

SENA, Liana Mara Mendes de (2011). Conheça e conserve a caatinga - o bioma caatinga. Vol. 1. Fortaleza: Associação Caatinga.

UNESCO (2016). Transformando nosso mundo: A Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável. Consultado em: <https://www1.undp.org/content/dam/brazil/docs/agenda2030/undp-br-Agenda2030-completo-pt-br-2016.pdf.%20Acesso%20em%2018-08-2019>. Acessado em 28-05-2021.

VELLOSO, Agnes L. Sampaio; PAREYN, Everaldo Frans (2001). Ecoregiões, Proposta para a Caatinga. Resultados do Seminário de Planejamento Ecorregional da Caatinga, Aldeia, Pernambuco, 2001.

AUTORES

Darlan Rodrigues de Lima. Arquiteto e Urbanista, Mestre em Engenharia Civil pela Universidade do Minho. Doutorando do Lab2PT – Escola de Arquitetura. Universidade do Minho - Portugal. Currículo completo em <http://lattes.cnpq.br/9949197172816355>.

Sofia Araújo Lima Bessa, arquiteta e doutora em Engenharia Urbana. Professora da Escola de Arquitetura da UFMG e do Programa de Pós-graduação em Patrimônio Sustentável e Ambiente Construído. Coordenadora do Núcleo de Pesquisas em Materiais Sustentáveis. Currículo completo em <http://lattes.cnpq.br/1142385823563089>.



ÍNDICES NORMATIVOS PARA ADOBE: UMA ANÁLISE APLICADA AOS SOLOS TROPICAIS BRASILEIROS

Jaqueline Leite Ribeiro do Vale¹; Marco Antônio Penido de Rezende²

¹Centro Universitário Newton Paiva/ Rede TerraBrasil, Brasil, jaquelinevale@gmail.com

²Universidade Federal de Minas Gerais/ Rede Ibero-americana PROTERRA/Rede TerraBrasil, Brasil, marco.penido.rezende@gmail.com

Palavras-chave: arquitetura de terra, caracterização do solo, resistência à compressão

Resumo

Existem poucas normas relacionadas às construções com terra e adobe no mundo, dentre elas pode-se citar a americana NMAC14.7.4. (2015), a neozelandesa NZS 4297 (1998), a peruana Norma E.080 (2017) e a recente norma brasileira NBR 16814 (2020). A maioria dessas normas define padrões de índices granulométricos e resistência à compressão mínima. Mas, muitas vezes, tais parâmetros podem não definir o real comportamento dos solos para a produção de adobe. O objetivo deste artigo é analisar tais parâmetros e comparar com o resultado dos ensaios de caracterização do solo e resistência à compressão de 12 tipos de solos de Minas Gerais. Através desta análise pretende-se verificar se os parâmetros exigidos nas normas são aplicáveis para os solos tropicais brasileiros. Como processo metodológico, foram pesquisadas normas de adobes existentes no mundo e verificado se as amostras analisadas se adequam à caracterização do solo e resistência à compressão sugeridas. Foi utilizado a norma brasileira de adobe para realização dos ensaios, de 12 tipos de solos do Estado de Minas Gerais. Os resultados demonstram que muitos parâmetros das normas mundiais de adobe, como a definição de granulometria, podem não demonstrar o comportamento de solos tropicais para fabricação de adobe, em que os fora dos parâmetros podem resultar em adobes com resistência à compressão que atendem ou superam o desempenho mínimo estabelecido. Através deste artigo conclui-se que é necessário um aprofundamento sobre o comportamento dos solos tropicais e uma complementação de ensaios tradicionais na hora de seleção do solo para a fabricação de adobe.

1 INTRODUÇÃO

A utilização da terra como material de construção é uma das mais antigas técnicas utilizadas pelo homem. Ainda hoje, em diversas regiões do globo terrestre, a terra é usada na construção das habitações, traduzindo a identidade, a história e a cultura de várias populações.

O adobe é uma das técnicas de construção mais primitivas e, ainda assim, até hoje utilizada em várias partes do mundo. Em geral, os adobes são fabricados pelo molde de um bloco à base de uma massa plástica, com o preenchimento manual de formas, geralmente de madeira, e em seguida desmoldados em uma superfície plana e secos ao tempo (Neves; Faria, 2011).

Existem dois tipos de adobes, os não estabilizados – objeto de estudo desta pesquisa –, que utilizam somente a mistura de terra e água para sua fabricação; e os estabilizados, cuja mistura de terra e água carece de aglomerantes, como cal, cimento, asfalto natural e palhas.

O conhecimento das propriedades geotécnicas dos materiais envolvidos nas técnicas construtivas de terra é imprescindível, já que o solo é a principal matéria-prima, representando de 80% a 100% (dependendo de suas características) do peso da estrutura construída.

No Brasil, o futuro da utilização da terra para a construção acontece, primordialmente, pelo reconhecimento da relevância desta prática, ambicionando regulamentação própria desse

campo de conhecimento que transmita uma espécie de adaptação do estudo das técnicas aos solos tropicais brasileiros. O primeiro passo para tal reconhecimento é o estudo e compreensão das características dos solos do Brasil para, então, aprofundá-las e aplicá-las.

Devido às diferenças climáticas e a outros fatores de evolução, os solos tropicais podem divergir e apresentar comportamentos distintos relacionados ao seu comportamento hidráulico e mecânico, por meio do processo de laterização, que acontece em regiões tropicais úmidas, onde os cátions básicos são lixiviados, com concentração residual de óxidos e hidróxidos de ferro e de alumínio (Vale, 2020). Desse modo, devido a esses acontecimentos, a fração de argila de solos lateríticos¹ é composta essencialmente por argilominerais do grupo das caulinitas e de óxidos e hidróxidos hidratados de ferro e, ou, alumínio. A associação desses elementos é responsável pela aglomeração estável em presença de água, que ocorre graças ao recobrimento dos argilominerais pelos grupos citados anteriormente, que atuam como redutores da capacidade de adsorção de água (Santos, 2006).

Ao apresentar comportamento laterítico, quando compactado em condições propícias, um solo adquire alta capacidade de suporte e baixa perda dessa competência quando imerso em água. Estima-se que esses solos ocupam aproximadamente 8,1% da superfície dos continentes e, no Brasil, se distribuem por quase todo o país (Santos, 2006).

As classificações geotécnicas tradicionais aplicadas na construção civil e na arquitetura de terra são essencialmente baseadas nas propriedades índices (limites de consistência) e na granulometria dos solos e ensaios desenvolvidos em países de clima temperado (Santos, 2006). A utilização desses índices para classificar os solos tropicais torna-se divergente, uma vez que seus resultados e classificações podem não corresponder ao real desempenho nas obras devido às peculiaridades deste tipo de solo.

2 OBJETIVOS

O objetivo deste artigo é analisar os parâmetros estabelecidos pelas normas de adobe e comparar com o resultado dos ensaios de caracterização do solo e resistência à compressão de 12 tipos de solos de Minas Gerais. Através desta análise, verificar se os parâmetros exigidos ou sugeridos nas normas são aplicáveis para os solos tropicais brasileiros. Como processo metodológico, foram realizadas pesquisas das normas de adobes existentes no mundo e comparadas com os resultados de caracterização do solo e resistência à compressão, utilizando a norma atual brasileira de adobe para realização dos ensaios, de 12 tipos de solos do estado de Minas Gerais.

3 DESENVOLVIMENTO

A qualidade do adobe está diretamente ligada ao tipo de solo usado na sua produção, principalmente quando o adobe não é estabilizado, ou seja, quando se utiliza apenas solo na mistura, sem a adição de outros materiais, como cal e cimento. Nem todos os solos são adequados para a fabricação de adobe; logo, é necessário contar com alguma forma de avaliação preliminar.

Para a produção do adobe, o solo deve apresentar boa coesão, atribuída pela presença da argila, que tem a funcionalidade de um ligante natural. Existem variações no tipo e quantidade de argila, de acordo com o local onde o solo se encontra, o que torna necessário aferir constantemente a qualidade do material a ser utilizado e as suas características específicas (Santiago, 2001).

São diversos os fatores que influenciam na qualidade do adobe, além das características do solo. Dormohamadi e Rahimnia (2020) pesquisaram a relação da compactação do adobe ao

¹ Tem como característica uma série de propriedades que os levam a ser classificados como solo de comportamento laterítico na classificação MCT. Pedologicamente, o solo laterítico é uma variedade de solo superficial pedogenético, típico das partes bem drenadas das regiões tropicais úmidas (Nogami; Villibor, 1995).

ser produzido e a resistência à compressão, concluindo que a resistência está diretamente relacionada, entre outros fatores, à força de compressão da massa aplicada na forma. Analisaram também a relação entre a quantidade de argila presente no solo e a resistência à compressão, concluindo que, quando a quantidade de argila no solo aumenta, a resistência à compressão também aumenta. As amostras com porcentagem próxima de 30% de argila apresentaram melhor resistência, confirmando-se, assim, a importância de analisar a mineralogia do solo para prever as características físicas dos adobes.

Em relação ao aspecto físico, o solo é formado por quatro tipos de frações granulométricas, classificados de acordo com a dimensão dos grãos em: pedregulho, areia, silte e argila. Segundo Faria (2002), a quantidade predominante dessas frações em cada solo irá definir qual a melhor técnica de construção a ser empregada.

É sabido que as propriedades físicas e químicas do solo utilizado na arquitetura e construção com terra (ACT) possuem relação direta com a sua qualidade final. Existem diversas pesquisas sobre essas características e a qualidade das técnicas de construção com terra aplicadas, mas pouco tem se falado sobre os comportamentos e peculiaridades dos solos tropicais aplicados à ACT, principalmente em relação à realização dos ensaios de caracterização dos solos.

Solos tropicais são aqueles que apresentam propriedades e comportamento peculiares quando comparados aos solos não tropicais, em decorrência da atuação de processos geológicos – que ocorrem utilizando energia proveniente do interior da Terra, formando e modificando a composição e estrutura da crosta – e, ou, pedológicos, típicos das regiões tropicais úmidas (Nogami; Villabor, 1995, Santos 2006).

Provavelmente, as variações mineralógicas constatadas nos solos tropicais são muito maiores que nos solos de outras regiões. Além disso, muito dos comportamentos peculiares dos solos tropicais podem ser explicados pela constituição mineralógica. Daí a importância de se considerar essa característica, no estudo geotécnico dos solos tropicais (Nogami; Villabor, 1995, p.12).

Comumente, os países que abrigam esse tipo de solo estão situados na faixa intertropical, e isso não representa necessariamente uma regra (Santos, 2006).

Frequentemente são encontrados nas frações de areia dos solos lateríticos torrões ou agregados constituídos predominantemente de argila que não são totalmente separáveis pelos processos padronizados de desagregação laboratorial nos ensaios de granulometria (Nogami; Villabor, 1995). Tais características podem gerar nesses solos comportamentos distintos daqueles previstos pela curva granulométrica gerada.

Em solos saprolíticos², a presença de caulinita, mineral comum na fração argila dos solos, quando encontrada na fração silte, pode imprimir propriedades e comportamento peculiares a muitos solos, contribuindo, de maneira diferente do que o quartzo nos limites de consistência. Dessa forma, a presença de caulitina na fração de silte pode levar a um índice de plasticidade diferente de zero, o que contribui com a coesão e expansão do solo (Nogami; Villabor, 1995).

A constituição da fração argila dos solos tropicais, sobretudo dos lateríticos, desempenha um papel decisivo no comportamento peculiar desses solos, quando comparados com aqueles similares granulometricamente, considerados na bibliográfica geotécnica de países situados em climas não tropicais (Nogami; Villabor, 1995, p. 18).

De acordo com Santos (2006), a fração fina dos solos lateríticos, devido ao processo de laterização, é constituída essencialmente de argilominerais do grupo das caulinitas e com a presença de óxido e hidróxidos hidratados de ferro e, ou, alumínio que, combinados, se

² Os solos saprolíticos (sapro, do grego: podre) são aqueles que resultam da decomposição e, ou, desagregação *in situ* da rocha matriz pela ação das intempéries (chuvas, insolação, geadas) e mantêm, de maneira nítida, a estrutura da rocha que lhe deu origem (Nogami; Villabor, 1995).

tornam responsáveis pela formação de agregações estáveis na presença de água. Essa agregação acontece por conta do recobrimento dos argilominerais pelos óxidos e hidróxidos hidratados, que, “além de reduzirem a capacidade de absorção de água pelos argilominerais, atuam como agentes cimentantes naturais entre as partículas” (Santos, 2006, p. 20).

De acordo com Nogami e Villibor (1995), uma das dificuldades em abordar as peculiaridades dos solos tropicais reside na ausência de terminologia consagrada, uma vez que elas foram desenvolvidas para solos e condições ambientais prevalentes em regiões de climas frios e temperados. Segundo esses autores, sempre que possível, os termos utilizados foram adotados pelas instituições brasileiras que mais tratam de solos para finalidades geotécnicas, como a Associação Brasileira de Mecânica dos Solos (ABMS), a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), a Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (ABGE) e a Sociedade Brasileira de Ciências do Solo (SBCS).

Outras pesquisas, como as de Nogami e Villibor (1980, 1981, 1995), demonstram, experimentalmente, que solos lateríticos e não lateríticos, com propriedades geotécnicas completamente diferentes, podem ocupar as mesmas posições nas classificações tradicionais. Tais diferenças ocorrem nas microestruturas típicas desses solos, referindo-se à quantidade e às propriedades das matérias que compõem suas diversas frações granulométricas.

Na ACT é usual a determinação de padrões de granulometria e limites de consistência (limite de liquidez - LL, limite de plasticidade - LP e índice de plasticidade) para determinação da adequabilidade do solo à técnica. Entretanto, pesquisas com adobes de boa resistência, composição granulométrica e limites de consistência fora dos indicados pelas bibliografias contradizem tais índices e a qualidade e resistência à compressão dos adobes (Rezende et al., 2014).

Uma das explicações possíveis para tais divergências pode ocorrer devido às limitações e deficiências na utilização das classificações tradicionais para solos tropicais, principalmente quando se trata da argila, o que torna os ensaios de granulometria e limites de consistência (LL e LP) insuficientes para determinação das características das argilas no solo (Santos, 2006).

Niroumand *et al.* (2013) analisaram parâmetros de incentivos e obstáculos para a utilização da terra como material de construção, incluindo o papel das normativas nacionais. Sua pesquisa foi realizada em seis países com um total de 763 entrevistas *online* de arquitetos e pesquisadores do Conselho Internacional dos Monumentos e Sítios (ICOMOS). Setenta e um por cento, em média, dos entrevistados responderam sentir falta de normas e códigos nacionais sobre as técnicas construtivas com terra.

Existem poucas normas relacionadas a construções com terra e adobe no mundo, podendo-se citar entre elas a norma NMAC 14.7.4 (2015) dos Estados Unidos, a NZS 4297 (1998) da Nova Zelândia, a NTE.E.080 (2017) do Peru e a norma brasileira NBR 16814 (2020). Além dessas normas, há documentos normativos e referenciais teóricos, como Regeln (1999), HB195 (2002), Middleton e Schneider (1987), Pérez (1971), Ottazzi (1995), Houben e Guillaud (1994), Mchenry (1989), Smith e Austin (1996), OIA (1981) e Spence e Cook (1983). As abordagens em relação à seleção do solo das normas e referências são demonstradas na tabela 1. Muitas das recomendações em relação à seleção do solo dessas referências são relacionadas à textura, sendo a maioria não quantitativa (Delgado e Guerrero, 2007).

As indicações relacionadas às proporções adequadas de cada componente do solo (granulometria) para produção de adobe são divergentes, e alguns autores estabelecem um intervalo de porcentagens mínima e máxima somente da argila, enquanto outras normas estabelecem também porcentagens ideais de silte e areia, conforme relacionados na tabela 2.

Tabela 1 – Lista de normas e regulamentos de adobe (adaptado de Delgado e Guerrero, 2007)

País	Norma ou regulamento	Abordagem em relação ao solo
Brasil	ABNT NBR 16814 (2020)	Recomendações gerais sobre granulometria. Teste de unidades para resistência à compressão.
EUA	NMAC 14.7.4 (2015)	Pouca recomendação. Unidades de construção deverão ser testadas.
Nova Zelândia	NZS 4297 (1998)	Recomendações não quantitativas sobre o tipo de solo que não deve ser usado. Necessário teste de retração. Sistema para testes das unidades.
Peru	NTE E 080 (2017)	Poucas recomendações para a granulometria.
Alemanha	Lehmbau e Regeln (1999)	Ensaio essenciais de plasticidade e granulometria. Ensaio de laboratório e de campo enumerados e explicados, recomendações para alguns deles.
Austrália	HB 195 (2002)	Enumeração de testes de campo e ensaios de laboratório, com dados e procedimentos para alguns deles. Recomendações granulométricas para técnicas de terra. Recomendações qualitativas para a granulometria. Observações sobre o desempenho e patrimônio histórico. Recomendações qualitativas sobre os solos que não devem ser usados.
Middleton e Schneider (1987)		Recomendações gerais sobre granulometria. Recomendações de testes do adobe. Observações sobre o desempenho das edificações históricas.
Espanha	Pérez (1971)	Fornecimento de algumas condições gerais para o solo.
CYTED internacional	Ottazzi e Martins <i>et al.</i> (1995)	Nenhuma abordagem direta para a seleção do solo. Recomendações dependendo do ensaio de resistência das unidades.

Tabela 2 – Composição granulométrica do solo indicada por diferentes normas e autores para fabricação de adobe (adaptado de Delgado e Guerrero, 2007)

Norma/ Documento/ Autor	Areia (%)	Silte (%)	Argila(%)
ABNT NBR 16814 (2020)	55-70	até 25	20-30
NTE E 080 (2017)	55-70	15-25	10-20
HB 195 (2002)	30-75 (areia e pedregulhos)	10-30	10-40
Houben e Guillaud (1994)			5-29

Dhandhukia *et al.* (2013) estudaram a relação entre diferentes parâmetros de solo (distribuição granulométrica e limites de consistência) e a resistência à compressão do adobe. Foram analisados nove tipos de solos de Gujarat, Índia, e classificados de acordo com a ASTM D3282 (2009). Diversas misturas com diferentes combinações de granulometria foram feitas para a produção dos adobes. Testes demonstraram que solos com porcentagem de areia de $53\% \pm 3\%$ e silte + argila de $48\% \pm 5\%$ possuíam índices de resistência à compressão mais altos.

4 METODOLOGIA

Na impossibilidade da pesquisa abranger todas as regiões do estado de Minas Gerais, optou-se pelo uso de amostras de solos de regiões onde possuem a existência de arquitetura vernácula de terra e, ou, de edificações históricas ou atuais de adobe.

Foi coletado um total de 12 tipos de solos em Minas Gerais, sendo quatro do distrito de Vitoriano Veloso (Bichinho), dois da Lapinha da Serra, um da Serra do Cipó, um de Lavras Novas, dois de Mariana, um de Sabará e um de Lagoa Santa.

Como critério de seleção do solo, além da escolha de locais com cultura e tradição com construção de adobe, procurou-se escolher aquelas localidades com classificações diferentes de solos, utilizando como base o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS).

Uma vez selecionadas as localidades para as coletas dos solos para análise de caracterização e fabricação dos adobes, foram coletados os solos seguindo a metodologia proposta pela Associação Brasileira de Cimento Portland (apud Faria, 2002). Os locais escolhidos para a coleta foram definidos de acordo com a diversidade de solos encontrados nas localidades.

Os ensaios de resistência à compressão individual dos blocos foram realizados de acordo com as recomendações da NBR 16814 (2020) no Centro Universitário Newton Paiva. Os procedimentos de coletas e caracterização dos solos, fabricação dos adobes e ensaios físicos e mecânicos dos adobes estão descritas em Vale (2020).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Parâmetros em relação à composição granulométrica e limites de consistência são indicados por normas e autores, como apresentado anteriormente, com o objetivo de nortear a escolha do solo para a produção de adobe. No entanto, esses quesitos podem ser questionados quando aplicados aos adobes produzidos com os solos tropicais, uma vez que seu comportamento pode ser bem distinto do de solos de países temperados, conforme já demonstrado.

O adobe pode ser utilizado como vedação, com estrutura independente de madeira, concreto ou estrutura metálica, ou como estrutural, tornando a resistência à compressão o principal ensaio de caracterização física a ser realizado para garantir qualidade e durabilidade da construção.

5.1 Resistência à compressão

As normas e autores citados desta pesquisa indicam os seguintes índices mínimos da resistência à compressão individual do adobe: 1,5 MPa (NBR 16814, 2020); 1,5 MPa (NMAC 14.7.4, 2015); 1,3 MPa (NZS 4297, 1998); 1,2 MPa (Ottazzi, 1995); e 1,7 MPa (OIA, 1981).

As curvas médias de distribuição granulométrica, em porcentagem, das partículas dos solos quanto às suas dimensões, o que (pelo critério da NBR 6502, 1995) indica a porcentagem de argila ($\emptyset < 0,002$ mm), silte ($0,002 < \emptyset < 0,06$ mm) e areia ($0,06 < \emptyset < 2$ mm), e quanto aos 12 solos são apresentadas subsequentemente. A determinação da curva granulométrica do solo é fundamental para conhecimento do seu comportamento, sobretudo o conhecimento quantitativo da fração de argila.

Na tabela 3 são apresentados os resultados de granulometria e resistência à compressão média dos adobes produzidos com os solos coletados.

Dos 12 tipos de solos ensaiados, apenas o solo B3 apresentou resistência à compressão abaixo do mínimo exigido pelas normas analisadas.

Tabela 3 – Tabela com resultados da resistência à compressão média dos adobes produzidos

Solo	Granulometria (%)				Resistência à compressão média (MPa)
	Argila	Silte	Areia	Pedregulho	
B1	57	19	23,6	0,4	2,46
B2	49	31,1	16,8	3,1	1,77
B3	16	65,3	17,8	0,9	1,02
B4	44	31,4	16,4	8,2	2,60
L1	31	36,3	31,4	1,3	2,70
L2	55	19	26	0	4,01
M1	28	19,3	51,1	1,6	1,94
M2	9	17,5	66,2	27,6	1,68
S1	17	51,2	24,7	7,3	1,78
S2	27	38,1	32,5	2,4	2,77
SC	47	30,7	22,3	0	3,45
LN	40	37	22,1	0,9	2,92

5.2 Resistência à compressão versus os ensaios tradicionais de caracterização do solo

A figura 1 apresenta, em diagrama triangular, a área gerada pelos parâmetros sugeridos pela NBR 16814 (2020): areia (55% - 70%), silte (até 25%) e argila (20% - 30%). Verifica-se que a área gerada utilizando tais parâmetros é muito pequena em relação à grande variedade de composição granulométrica. Dos 12 solos coletados, nenhum se encontra dentro da área delimitada pela NBR 16814, mas os resultados das propriedades físicas dos adobes produzidos indicam que, mesmo não atendendo a tais recomendações, diversos solos apresentam bons resultados.

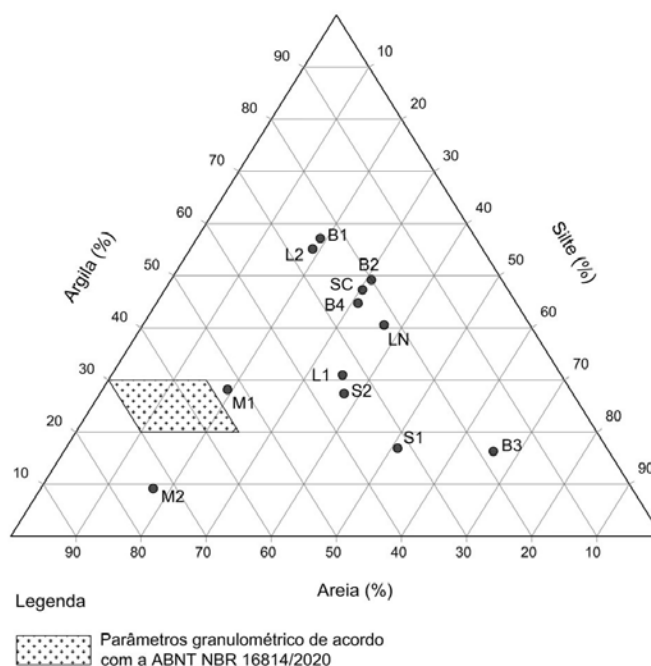


Figura 1 – Diagrama triangular granulométrico com parâmetros da NBR 16814 (2020)

A NTE E 080 (2017) também determina uma pequena área de recomendação em relação aos parâmetros dos teores granulométricos, sendo essa área próxima da preconizada pela NBR 16814 (2000). Os parâmetros sugeridos (figura 2) são: areia (55% - 70%), silte (15% - 25%) e argila (10% - 20%). Nenhum solo coletado se encontra dentro dessa área, apesar de o solo M2 ter ficado próximo.

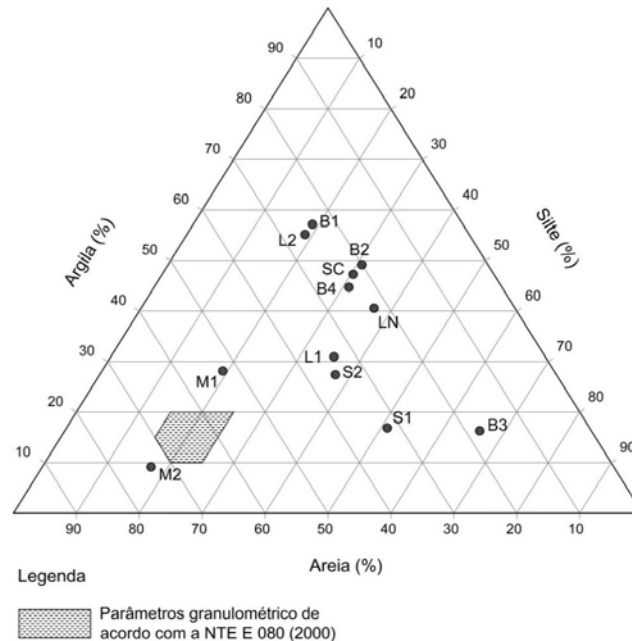


Figura 2 – Diagrama triangular granulométrico com parâmetros da NTE E 080 (2017)

A HB 195 (2002) já possui área maior em comparação com as normas peruana e brasileira (figura 3), por possuir intervalos maiores, ou seja: areia (30% - 75%), silte (10% - 30%) e argila (10% - 40%). Com intervalo maior da fração de areia, os solos M1 e M2 encontram-se dentro dessa área. Mesmo assim, solos que tiveram alta resistência à compressão e baixa absorção de água ainda se encontram fora do padrão sugerido.

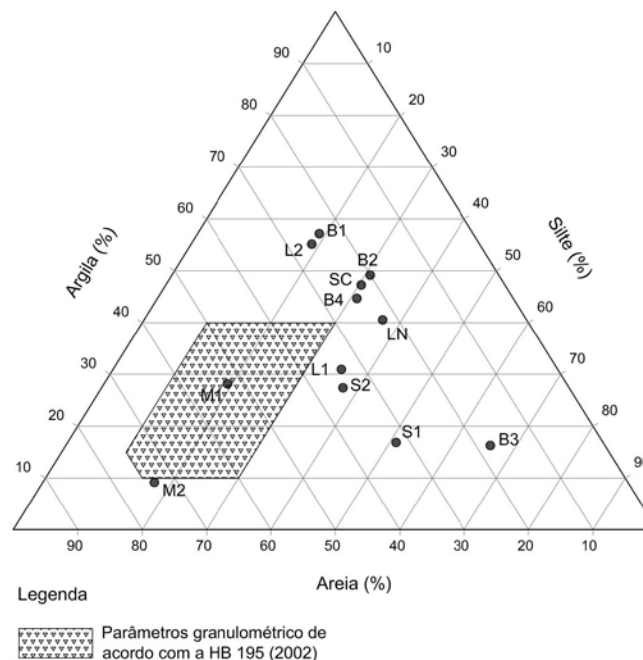


Figura 3 – Diagrama triangular granulométrico com parâmetros da HB 195 (2002)

Diferentemente das normas citadas, Houben e Guillaud (1994) indicam limites apenas para a fração da argila (5% - 29%), gerando uma faixa mais ampla para a seleção do solo. De acordo com esse parâmetro, os solos M1, M2, S1, S2 e S3 encontram-se dentro da faixa sugerida. Apesar de terem englobado maior quantidade de amostras, solos com baixa resistência, como o B3, ficaram dentro do intervalo sugerido e solos com alta resistência, fora.

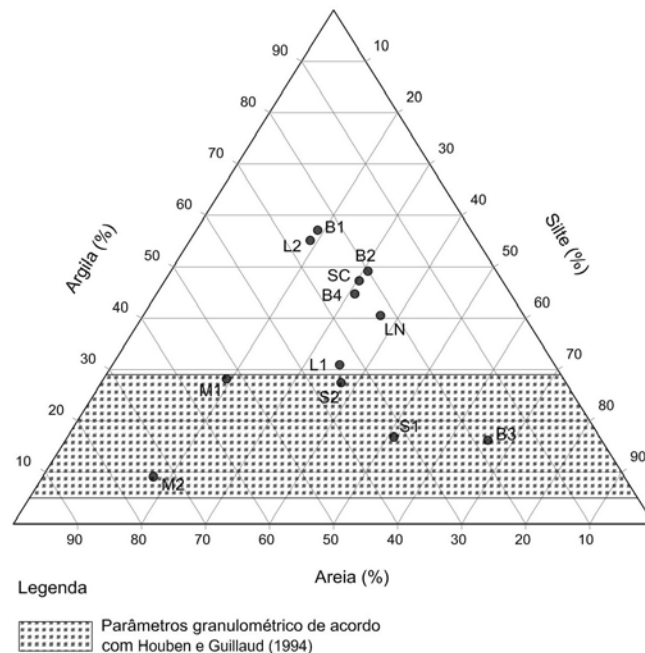


Figura 4 – Diagrama triangular granulométrico com parâmetros de Houben e Guillaud (1994)

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O adobe, que possui aspectos favoráveis quando se discute a sustentabilidade, é utilizado há milhares de anos pela humanidade e até hoje em muitas comunidades, traduzindo sua identidade e cultura. Além do seu uso em novas construções, o conhecimento da técnica é necessário para conservação e restauração do patrimônio histórico, uma vez que existem muitas construções com essas técnicas do Período Colonial no Brasil.

A qualidade do adobe, principalmente quando não estabilizado, está diretamente ligada ao tipo de solo utilizado na sua produção, uma vez que nem todos os solos são adequados, como é o caso do adobe produzido pelo solo B3, cuja resistência à compressão é abaixo da exigida pela NBR 16814 (ABNT, 2020).

Os ensaios de caracterização do solo são fundamentais para a compreensão do seu comportamento, que é decorrente, entre outros fatores, de sua composição mineralógica. O comportamento dos solos tropicais é distinto dos de clima temperado, portanto a aplicação das classificações e caracterizações tradicionais aos solos tropicais pode se tornar restrita por não corresponder ao seu real desempenho.

São poucos, no mundo, as normas e documentos relacionados ao adobe que determinam parâmetros diversos para a seleção do solo, como intervalos para a composição granulométrica. Ao comparar com os resultados das propriedades físicas dos adobes produzidos, os resultados sugerem que não é indicado determinar parâmetros de granulometria, mas, sim, parâmetros da qualidade final dos adobes para determinação da escolha do solo, sobretudo de solos tropicais, em que ainda há pouco conhecimento sobre os tipos utilizados na produção e a efetiva resistência dos adobes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASTM D 3282 (2009). Standard practice for classification of soils and soil-aggregate mixtures for highway construction purposes. USA: ASTM International
- Delgado, M. C. J.; Guerrero, I. C. (2007). The selection of soils for unstabilised earth building: A normative review. *Construction and building materials*, 21(2), 237-251.
- Dhandhukia, P.; Goswami, D.; Thakor, P.; Thakker, J. N. (2013). Soil property apotheosis to corral the finest compressive strength of unbaked adobe bricks. *Construction and Building Materials*, 48, 948-953.
- Dormohamadi, M.; Rahimnia, R. (2020). Combined effect of compaction and clay content on the mechanical properties of adobe brick. *Case Studies in Construction Materials*, 13, e00402.
- Faria, O. B. (2002) Utilização de macrófitas aquáticas na produção de adobe: um estudo de caso no reservatório de Salto Grande (Americana-SP). Tese de doutorado. São Carlos: Universidade de São Paulo.
- HB195 (2002). Australian earth building handbook. Sydney: Standards Australia, 2002.
- Houben, H. ; Guiland. H,(1994). Earth construction: a comprehensive guide.
- McHenry, P. G. (1989). Adobe and rammed earth buildings: design and construction. University of Arizona Press.
- Middleton, G. F.; Schneider, L. M. (1987). Earth-wall construction.
- NBR 16814 (2020). Adobe: requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas
- NBR 6502 (1995). Rochas e solos. Terminologia. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas
- Neves, C.; Faria, O. B. (2011) Técnicas de construção com terra. Bauru, SP: FEB-UNESP/PROTERRA: 197 p.
- Niroumand, H.; Zain, M. F. M.; Jamil, M. (2013). A guideline for assessing of critical parameters on earth architecture and earth buildings as a sustainable architecture in various countries. *Renewable and sustainable energy reviews*, 28, 130-165.
- NMAC 14.7.4. (2015) New Mexico earthen building materials code. Santa Fé, NM: Construction Industries Division (CID) of the Regulation and Licensing Department.
- Nogami, J. S.; Villibor, D. F. (1980). Caracterização e classificação gerais de solos para pavimentação: limitações do método tradicional, apresentação de uma nova sistemática. *Reunião Anual de Pavimentação*, 15.
- Nogami, J. S.; Villibor, D. F. (1995). Pavimentação de baixo custo com solos lateríticos. São Paulo: Villibor, 213.
- Nogami, J. S.; Villibor, D. F. (1981). Uma nova classificação de solos para finalidades rodoviárias. *Anais do Simpósio Brasileiro de Solos Tropicais em Engenharia*, 1, 30.
- NTE.E.080. (2017) Adobe del ININVI: construcciones de adobe. Norma Técnica de Edificación: Adobe. Lima, Peru.
- NZS.4297 (1998). Engineering design of earth buildings. Wellington: Standards New Zealand (SNZ).
- OIA (1981). A handbook for building homes of earth. Peace Corps, Washington, DC.
- Ottazi, P. (coord) (1995) Recomendaciones para la elaboración de normas técnicas de edificación de paredes de adobe, tapial, ladrillo y bloques suelo-cemento. La Paz, Bolivia: HABITERRA/CYTED.
- Perez, F. C. (1971) P.I.E.T. 70: prescripciones del Instituto Eduardo Torroja. Madrid: Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja.
- Regeln, L (1999). Begriffe; Baustoffe; Bauteile. Braunschweig/Wiesbaden. Germany: Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH.
- Rezende, M. A. P.; Mendonça, A. A.; Vale, J. L. R. V. (2014). Considerações sobre a influência do tipo de argila sobre as propriedades da terra como material de construção. In 5º Congresso Brasileiro de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil–TerraBrasil, Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

Santiago, C. C (2001). O solo como material de construção. 2. Salvador: EDUFBA.

Santos, E. F dos (2006). Estudo comparativo de diferentes sistemas de classificações geotécnicas aplicadas aos solos tropicais. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

Smith, E. W., ; Austin, G. S. (1989). Adobe, pressed-earth, and rammed-earth industries in New Mexico. New Mexico Bureau of Mines & Mineral Resources.

Spence, R. J.; Cook, D. J. (1983). Building materiales in developing countries (No. 620.11 S64).

Vale, Jaqueline Leite Ribeiro do (2020). Seleção de solos tropicais para produção de adobe: a utilização do ensaio de azul de metileno. Tese de doutorado. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Universidade Federal de Minas Gerais e o Programa de Pós Graduação em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável, o Centro Universitário Newton Paiva e o Prof. Roberto Lopes Ferraz da Universidade Federal de Viçosa.

AUTORES

Jaqueline Leite Ribeiro do Vale, membro e atual coordenadora da Rede TerraBrasil, arquiteta, professora no Centro Universitário Newton Paiva, doutora e mestre em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável da Escola de Arquitetura, UFMG. Especialização em Sistemas Tecnológicos e Sustentabilidade Aplicados ao Ambiente Construído. Currículo completo em <http://lattes.cnpq.br/3552885027519280>.

Marco Antônio Penido de Rezende, Professor Titular Departamento Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo, Escola de Arquitetura, UFMG. Membro do conselho consultivo da Rede Ibero-Americana PROTERRA e da Rede TerraBrasil. Arquiteto, Mestre em Arquitetura, Doutor em Construção Civil (USP, 2003), Pos-Doutorado em Arquitetura Vernácula (University of Oregon, EUA, 2010). Currículo completo em <http://lattes.cnpq.br/8413549938151614>.

ESTUDO DA RESISTÊNCIA MECÂNICA DO ADOBE COM ADIÇÃO DE PIAÇAVA

Beatriz Thainara Pidde dos Santos¹; Andrêssa Gomes Nogueira²; Jéssica Azevedo Coelho³

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – campus Uruaçu, Goiás, Brasil,
¹beatrizpidde@gmail.com; ²agnogueira44@gmail.com

³Universidade de Brasília – Brasília, Distrito Federal, Brasil, jessica1901@gmail.com

Palavras-chave: desenvolvimento sustentável, materiais de construção, resistência à compressão, terra, fibra vegetal.

Resumo

O avanço exorbitante da degradação ambiental nas últimas décadas se fez perceptível à humanidade, visto que, as mudanças climáticas gradativamente, estão se tornando corriqueiras e afetando as nações, independentemente de sua situação social, regional ou econômica. Fazendo uma análise aprofundada, é indubitável que a Engenharia Civil influencia este problema, pois conceitos como Construção Civil e Desenvolvimento Sustentável são expostos de modo antagônico, devido à estruturação do setor, baseada na alteração da natureza em detrimento de desejos humanos visando conforto, proteção e qualidade de vida. Reforça-se ainda, que este processo é duplamente danoso, pois primeiramente, ocorre a extração das matérias primas e em seguida, o descarte inadequado dos resíduos gerados. Os problemas causados pela construção civil assentem às discussões envolvendo a sustentabilidade, permitindo reflexões sobre a retomada à bioconstrução. Dentre diversas técnicas existentes, a construção com terra destaca-se há milênios, onde, o adobe, no estado de Goiás, se apresenta como um dos principais representantes, devido ao contexto histórico cultural. Entretanto, dentre as características dos tijolos, uma que se faz necessária como objeto de pesquisa, é a resistência à compressão e sua eficiência. Tendo conhecimento através de pesquisas anteriores em que a adição de fibras vegetais à massa do adobe interfere satisfatoriamente na resistência a cargas variadas de compressão, o referido trabalho interpreta a relação entre as adições em volume de dez, 20, 30 e 40 percentuais de piaçava no adobe e os valores respectivos da resistência mecânica à compressão, comparando-os com adobes sem adição da fibra.

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a discussão sobre a relação entre a Construção Civil e os impactos ambientais gerados por esta e as práticas viáveis para combatê-los ganhou forte destaque.

Com a chegada da Revolução Industrial em meados do século XVIII e a modernização dos processos construtivos, necessitou-se intensificar o uso de matérias-primas, contribuindo, não somente para sua extração, como para o aumento dos resíduos gerados durante os processos que, na sua maioria, acabam sendo descartados inapropriadamente, contribuindo direta ou indiretamente para a degradação ambiental, afetando as futuras gerações.

Côrtes et al. (2011) discutem sobre a falta de responsabilidade ambiental por profissionais e empresas envolvidas com a execução de projetos no âmbito da construção civil, defendendo que, acidentes ambientais e o desequilíbrio social impõe às organizações, forte desejo de atualização quanto à sua respectiva postura a este problema.

O debate sobre o desenvolvimento sustentável atrelado à construção civil traz, como alternativa, o retardo dos transtornos ambientais através das cidades sustentáveis. Observando o esgotamento de combustíveis fósseis, a poluição alarmante, altas taxas de emissão de gases poluentes e outros fatores que ameaçam o clima e o desenvolvimento saudável do meio urbano, o conceito de sustentabilidade pode servir como norteador para mudanças eficazes, assim como defende Gehl (2015).

Posto isso, o conceito de sustentabilidade foi formulado e difundido, através de conferências mundiais com líderes políticos e organizações voltadas ao meio ambiente e sociedade.

Neste contexto, o ano de 1972 foi histórico, pois durante a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, presidida pelas Organizações das Nações Unidas (ONU), o termo desenvolvimento sustentável foi citado pela primeira vez, voltando a ser debatido durante a RIO – 92 (1992), e posteriormente, foi adicionado como elemento central da Agenda 21, sendo definido como um conjunto de ações e requisitos que devem ser alcançados visando o desenvolvimento social, econômico e de preservação ambiental.

Brundtland apud Organização das Nações Unidas (2019) no relatório intitulado “Nosso Futuro Comum”, defende que desenvolvimento sustentável é o desenvolvimento humano que não compromete gerações futuras, contribui para um mundo sem pobreza e desigualdade, não está propenso às crises ecológicas e atende a todos, tanto em produtividade como em oportunidades, sejam elas de ensino, carreira ou qualidade de vida.

Mediante ao incentivo às cidades sustentáveis, atualmente, defende-se o retorno de técnicas construtivas tradicionais pouco agressivas ao meio ambiente, e, visando o desenvolvimento sustentável genuíno, faz-se valer o resgate da arquitetura e construção com terra.

Sabe-se que quando as primeiras civilizações se tornaram sedentárias, com a necessidade de se construir abrigos, os principais materiais construtivos eram naturais, como pedras, couro de animais, fibras vegetais e o solo, assim como ressalta Santos e Coelho (2019).

Segundo Houben e Guillaund apud Carvalho et al. (2010), o solo vem sendo usado como elemento construtivo desde os primórdios da humanidade, e tal uso pode ser atestado através de vestígios de construções com terra datados de 10 mil anos ao menos. Para estes autores, a terra foi utilizada em larga escala para construir os mais variados tipos de edificações, desde moradias familiares até praças, fortes e palácios por todo o mundo.

Para Minke (2015) assim como Torgal et al. (2009), casas de taipa no Turquistão datadas de 8 mil anos a.C., assim como edificações sírias de mais de 5 mil anos a.C., túmulos espalhados por todo o Egito e as cidades históricas do período pré-colombiano nas Américas só demonstram que o solo, ou comumente denominado terra, é o material de construção mais versátil por ser abundante e encontrado em todos os territórios.

Minke (2015) defende que ao menos um terço da população habite casas de terra, principalmente pelos benefícios existentes nesta edificação, como, a facilidade do uso da matéria-prima, o conforto térmico existente, a pequena quantidade de resíduos gerados na execução, além do material descartado na natureza não impactar significativamente esta.

Torna-se claro então que existem diversas formas de se construir com a terra, o que faz com que Houben e Guillaud apud Santos (2015) organizem-nas em três grandes grupos: Estruturadas (taipa de mão, terra palha, terra por enchimento, terra de cobertura); Monolíticas (terra escavada, terra vertida, terra empilhada e terra moldada); e Alvenarias (terra compactada, bloco compactado, bloco comprimido, bloco cortado, terra empilhada, terra extrudada, adobes mecanizados, manuais e moldados).

Todavia, Torgal et al. (2009) conseguem classificá-las em quatro grupos, sendo eles: Monolíticas (técnica executada uniformemente, como a terra armada, por exemplo); Por unidades (denominada alvenaria, inclui adobes e blocos compactados); Por revestimento (têm função de revestir alguma estrutura, como a taipa de mão, por exemplo); e, Por ensacamento (consistem em ensacar a terra, como as técnicas popularmente conhecidas com os nomes superadobe e o hiperadorbe, por exemplo).

Independente das classificações adotadas, o adobe destaca-se na história do Brasil, e, segundo Minke (2015), ainda é a construção mais comum no planeta. Este foi introduzido no país durante a colonização, perdurando por centenas de anos, como defendem Carvalho et al. (2010). Estes autores afirmam que, nesse período, foram inseridas, além do adobe, a taipa de pilão e a taipa de mão, e citando Milanez, informam que tais técnicas estavam

presentes nas regiões Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste, devido ao fato que os escravizados africanos já as conheciam.

O uso da terra como material construtivo manteve importante relação histórico-cultural com o Brasil e com estado de Goiás, sendo comprovada pelas cidades históricas do estado, como Cidade de Goiás, Pirenópolis e Pilar de Goiás, onde inúmeras edificações centenárias são encontradas com este material.

Pode-se definir o adobe como um bloco de terra seco ao sol, sem cocção, composto por uma mistura de terra e água, sendo moldado e seco preferencialmente à sombra por ao menos 28 dias, e após este período, pode ser assentado com a mesma argamassa.

Quanto às vantagens do adobe, cita-se o controle da umidade e o baixo custo de produção. Contudo, também se destacam algumas desvantagens, como o preconceito ainda existente com esse material e sua permeabilidade, causando fissuras que podem comprometer sua estrutura, pois afetam significativamente a resistência mecânica.

Conforme Hibbeler (2010), a resistência mecânica é uma propriedade dos materiais, que corresponde a sua capacidade de suportar cargas sem que haja deformações excessivas ou rupturas, sendo que esta propriedade é inerente ao próprio material e é determinada por métodos experimentais como o ensaio de tração ou compressão.

É importante ressaltar que a tração e a compressão são consideradas esforços solicitantes, ou seja, esforços internos em resposta a forças externas, atuando em direção perpendicular à seção transversal do material. A tração acarretará à seção transversal do material um alongamento, já a compressão, atuará de forma contrária, encurtando esta.

O ensaio de tração e compressão, segundo Hibbeler (2010), é utilizado para determinar a relação entre a tensão normal média e a deformação normal média. Os dados obtidos neste permitem calcular valores de tensão e deformação, podendo ser expressos em um gráfico constituído por uma curva, chamado de diagrama tensão deformação, onde, com a interpretação desta curva, pode-se determinar se um material é dúctil ou frágil.

Sabe-se que os materiais de vedação estão sujeitos primordialmente a esforços solicitantes de compressão, sofrendo interações entre o seu peso próprio somado a esforços adicionais e a reação de resposta das fundações, sendo assim, acabam sendo comprimidos.

Pinheiro (2009) defende que a adição de fibras vegetais pode acarretar aumento de resistência à compressão de adobes, atuando positivamente na sua eficiência construtiva; desta forma, Soares et al. (2008) e Santos (2015) reafirmam que a adição de uma fibra vegetal rígida, como, por exemplo, fibras de palmeiras, pode ser satisfatória.

Das inúmeras fibras vegetais encontradas no Brasil, destaca-se a piaçava. De acordo com Casali (2018), a piaçava (*Attalea funifera* Martius) é uma palmeira típica do Nordeste, com fibras longas e resistentes, de textura impermeável e flexível, e se desenvolve em solos inférteis usada especialmente como matéria-prima para confecção de vassouras.

Na região norte de Goiás, é comum a utilização desta fibra para a confecção de vassouras, porem descartadas, em terrenos baldios ou incineradas, as fibras não aprovadas segundo o controle de qualidade da empresa.

Este trabalho estuda a contribuição de fibras da piaçava adicionadas à terra para a produção de adobes, avaliando o desempenho da resistência mecânica de adobes com diferentes adições da fibra.

2. OBJETIVOS

Caracterizar o solo do município de Uruaçu (GO) de acordo com as normas brasileiras;

Identificar a influência da fibra de piaçava no desempenho de adobes, comparando a resistência à compressão de misturas preparadas com percentuais de 10, 20, 30 e 40 de fibras adicionadas ao solo.

3. ESTRATÉGIA METODOLÓGICA

3.1 Método de abordagem e método de procedimento

Em relação à metodologia, como esclarece Gil (2012), esta pesquisa é explicativa, pois através de experiências, ensaios e dados coletados para tentar-se-á comprovar que se a resistência mecânica à compressão realmente aumenta quando ocorre adição de piaçava.

Quanto ao método de procedimento, este trabalho utiliza-se da pesquisa experimental que consiste em avaliar as variáveis referentes a um objeto de estudo, fazendo, como afirma Gil (2012), que o pesquisador atue como agente ativo da pesquisa, e não passivo.

3.2 Descrição dos materiais

O solo utilizado para a fabricação dos tijolos deste trabalho foi adquirido (por meio de compra realizada em uma empresa de materiais de construção) no município de Uruaçu, localizado no norte goiano do estado.

A piaçava empregada foi proveniente de doação feita por uma pequena empresa de confecção de vassouras, situada no mesmo município de coleta do solo. Foram utilizadas as fibras consideradas inadequadas para a elaboração das vassouras, e que, posteriormente seriam incineradas em um terreno baldio próximo à fábrica, como é feito corriqueiramente.

3.3 Caracterização física do solo

As características físicas do solo utilizado na fabricação dos adobes são representadas pelos ensaios a seguir, sendo que, foram adotados os procedimentos estabelecidos na NBR 6457 (2016) para preparar as amostras das misturas utilizadas nos ensaios.

a) Ensaio de análise granulométrica

Este ensaio foi realizado de acordo com a NBR 7181 (2018). Segundo a NBR 7181 (2018, p.1), “esta norma estabelece o método para análise granulométrica de solos, realizada por peneiramento ou por uma combinação de sedimentação e peneiramento”. No caso deste trabalho, optou-se por realizar peneiramento e sedimentação, obtendo-se dessa forma uma maior riqueza de dados. Este ensaio é importante, uma vez que, através dele é possível obter informações acerca das porcentagens de distribuição de partículas do solo, o que ajuda a indicar se o solo estudado é propício para a fabricação dos adobes.

b) Ensaio de determinação do limite de liquidez (LL)

Este ensaio foi realizado de acordo com a NBR 6459 (2017). De acordo com a NBR 6459 (2017, p.1), “esta norma especifica o método para determinação do limite de liquidez dos solos”. Este ensaio, junto ao ensaio de determinação do limite de plasticidade do solo é de grande relevância, pois juntos, tornam possível o cálculo do índice de plasticidade do solo.

c) Ensaio de determinação do limite de plasticidade (LP)

Este ensaio foi realizado de acordo com a NBR 7180 (2016). Segundo a NBR 7180 (2016, p.1), “esta norma especifica o método para a determinação do limite de plasticidade e para o cálculo do índice de plasticidade dos solos”. É um ensaio de grande importância, pois como dito acima, associado ao ensaio de determinação do limite de liquidez, é possível encontrar o índice de plasticidade do solo (IP), sendo este dado extremamente importante, uma vez que, a plasticidade é uma característica indispensável para a produção dos adobes.

d) Ensaio de compactação

Este ensaio foi realizado de acordo com a NBR 7182 (2016). Conforme a NBR 7182 (2016, p.1), “esta norma especifica um método para determinação da relação entre o teor de umidade e a massa específica aparente seca de solos, quando compactados, de acordo com os procedimentos especificados”. O ensaio de compactação é um ensaio de maior dificuldade de execução em relação aos demais, entretanto sua realização se fez

necessária, pois ele fornece dados a respeito da massa específica aparente seca e o teor de umidade ótima do solo, informações estas, significativas ao se trabalhar com adobe.

e) Ensaio de massa específica

Este ensaio foi realizado de acordo com a NBR 6458 (2016). Segundo a NBR 6458 (2016, p.6), “este método aplica-se à determinação da massa específica dos grãos de solo que passam na peneira de abertura 4,8 mm, por meio de picnômetro, pela realização de pelo menos dois ensaios”. Através deste ensaio, é possível determinar a massa específica dos grãos de solo, um dado relevante, pois informa sobre a resistência e estabilidade do solo, permitindo a realização de análises da estrutura deste.

3.4 Fabricação

Para este trabalho, a fabricação dos adobes seguiu as especificações contidas na NBR 16814 (2020), onde se previu a fabricação de oito tijolos para cada um dos cinco grupos, divididos pela porcentagem em volume de adição de piaçava (0%, 10%, 20%, 30% e 40%), totalizando assim, 40 adobes.

Conforme a NBR 16814 (2020), a deve ser adicionada durante a homogeneização da mistura. Desta forma, o volume de água utilizado foi medido durante o amassamento, até se obter estado plástico, próprio para o lançamento nas fôrmas, facilitando a trabalhabilidade durante a moldagem. Em relação à quantidade de terra e piaçava necessária para a fabricação de cada grupo de adobes, esta foi calculada através de seu volume, dado em metros cúbicos.

Os adobes foram confeccionados todos no mesmo dia e local, sendo acondicionados para secagem em filas, dispostos sobre uma lona plástica, em local coberto.

a) Quantidade de terra

Para determinar a quantidade de terra utilizada na confecção dos adobes, optou-se por utilizar a massa específica dos tijolos, e para isto, utilizaram-se blocos confeccionados 60 dias antes, com mesmo solo, sem adições e moldados nas respectivas fôrmas deste trabalho. Primeiramente, pesaram-se três adobes, verificando suas dimensões, e com estes dados, efetuou-se o volume dos blocos. Dispondo dos dados de massa e volume, foi possível calcular a massa específica de cada adobe através da equação 1:

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (1)$$

onde: ρ : massa específica do adobe (kg/m^3)

m: massa do adobe (kg)

v: volume do adobe (m^3)

Fez-se então a média das massas específicas, obtendo uma $\rho_{\text{méd}} = 313,159 \text{ kg/m}^3$.

Logo após, aferiu-se as dimensões das fôrmas utilizadas para a confecção dos tijolos e o volume dessas foi calculado, obtendo um valor de $0,0156 \text{ m}^3$.

Conhecendo os valores da massa específica média dos adobes e volume das formas utilizadas, descobriu-se o volume de terra respectivo a cada adobe, respeitando os percentuais de adição para cada grupo, e assim, calculou-se a massa de cada mistura.

Considerando que o volume de $0,0156 \text{ m}^3$ representa um adobe fabricado com 100% de terra, para fabricar adobes com adição de piaçava, calculou-se um novo volume, pois se fez necessário descontar a porcentagem de piaçava daquele grupo, e com isso, a porcentagem de terra deste tijolo diminui. Através de regra de três simples esse cálculo foi efetuado.

A massa específica média de $313,159 \text{ kg/m}^3$ indica que, um metro cúbico de terra tem $313,159 \text{ kg}$. Com isso, novamente através de regra de três simples, calculou-se a quantidade de terra em massa, necessária para o volume anteriormente aferido.

b) Quantidade de piaçava

Para definir a quantidade de piaçava necessária para a confecção dos adobes, calculou-se sua massa específica. Tal cálculo foi feito, preenchendo totalmente a fôrma (utilizada para a fabricação dos adobes) com fibras de piaçava possuindo aproximadamente seis centímetros de comprimento. Após o preenchimento, pesou-se esta quantidade de fibras e calculou-se a massa específica, dado que o volume da fôrma (como citado no item a) fora de 0,0156 m³. Efetuado o cálculo, utilizando a equação 1 disposta no item a, encontrou-se uma massa específica de 23,911 kg/m³.

Novamente, considerando que o volume de 0,0156 m³ representa um adobe sem adições, para fabricar adobes com adição de piaçava, calculou-se o volume de piaçava necessário para confeccionar o adobe de cada grupo, através de regra de três simples.

A massa específica média de 23,911 kg/m³ indica que um metro cúbico de piaçava possui 23,911 kg. Com isso, novamente através de regra de três simples, calculou-se a quantidade de piaçava necessária para confeccionar o adobe para o volume de piaçava determinado.

Os volumes e as quantidades de terra e piaçava em massa, utilizados na confecção dos adobes para cada grupo, bem como a quantidade total de terra e piaçava de cada mistura para a fabricação dos oito adobes estão apresentados na tabela 1.

Tabela 1. Volume e massa de terra e piaçava utilizados na confecção dos adobes

Grupo	Razão de piaçava (%)	Razão de terra (%)	Volume de terra (m ³)	Massa de terra por adobe (kg)	Massa total de terra na mistura (kg)	Volume de piaçava (m ³)	Massa de piaçava por adobe (kg)	Massa total de piaçava da mistura (kg)
A	0	100	0,0156	4,811	38,49	0	0	0
B	10	90	0,0141	4,331	34,65	0,0015	0,036	0,288
C	20	80	0,0125	3,842	30,74	0,003	0,072	0,576
D	30	70	0,011	3,421	27,37	0,0045	0,108	0,864
E	40	60	0,0094	3,309	23,16	0,006	0,144	1,152

Considerações: em relação ao grupo E, referente às adições de 40% de piaçava, não se obteve oito adobes como previsto. O cálculo da fibra para os adobes deste grupo mostrou que tal mistura exigia maior quantidade de piaçava, pois quando incorporada a terra, a fibra possui comportamento divergente aos argilominerais do solo, ocupando volume desigual na mistura. Assim sendo, embora realização de cálculos anteriores, houve falta de terra na mistura para confeccionar os oito adobes, produzindo apenas sete.

3.5 Resistência mecânica à compressão

Este ensaio foi realizado de acordo com a NBR 16814 (2020). Segundo a NBR 16814 (2020, p.1), “esta norma estabelece os requisitos para a produção de adobe e execução da alvenaria, além dos métodos de ensaio para sua caracterização física e mecânica”. Através deste ensaio descrito no anexo B da normativa, determinou-se a resistência à compressão dos adobes.

Prepararam-se para cada grupo, seis corpos de prova cúbicos (com arestas de tamanho idêntico à altura (H) dos adobes), regularizados com camada argamassada de terra (proporções da mistura para o grupo A) com aproximadamente três milímetros. Após os cubos serem capeados e secos, fez-se o fichamento destes, anotando a área (em mm²) da face que entraria em contato com a prensa (método padrão para o aparelho) e separando-os por grupo. Sequencialmente, foram levados à prensa, que aplicou uma força (N) sobre a área de cada adobe, gerando em forma de gráfico e valor numérico, sua respectiva

resistência. A resistência dos adobes foi calculada pelo equipamento, conforme mostrado na equação 2.

$$f_{ca} = \frac{F_{rup}}{A_{rup}} \quad (2)$$

onde: f_{ca} : resistência à compressão do adobe (MPa)

F_{rup} : força de ruptura (N)

A_{rup} : área da seção de ruptura (mm^2)

A resistência característica à compressão do adobe é o valor do qual, há probabilidade de se encontarem 95% dos resultados individuais de uma população, sendo obtidos pela equação 3.

$$f_{cak} = f_{cam} - 1,645xS_d \quad (3)$$

onde: f_{cak} : resistência característica à compressão do adobe (MPa)

f_{cam} : resistência média à compressão da amostra (MPa)

S_d : desvio padrão da amostra (MPa)

Sendo assim, com a análise dos dados, fez-se possível interpretar os valores relacionados à resistência dos adobes ensaiados.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O solo, de acordo com sua composição granulométrica, expresso graficamente na figura 1, cujos valores são apresentados na tabela 2, corresponde ao tipo areia argilo-siltosa.

Tabela 2. Dimensão de partículas relativas à caracterização granulométrica do solo (NBR 6502, 1995)

Nome	Dimensão (mm)	Composição (%)
pedregulho	2 a 60	0
areia	0,06 a 2	50
grossa	0,6 a 2	5
média	0,2 a 0,6	10
fina	0,06 a 0,2	35
silte	0,002 a 0,06	23
argila	$\leq 0,002$	27

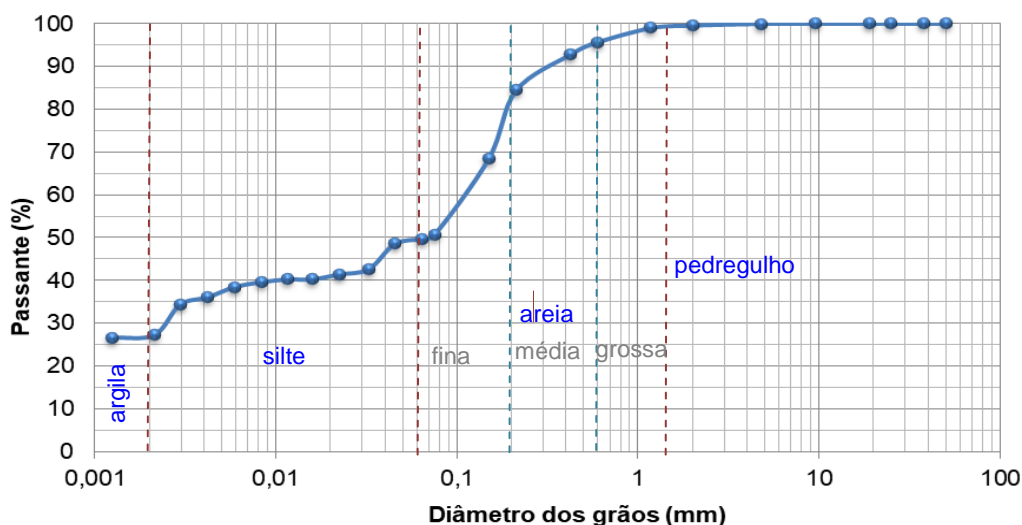


Figura 1. Curva granulométrica das partículas passantes

Em relação aos limites de consistência, o solo apresenta os seguintes valores: LL de 40%, LP de 32% e IP de 8%, o que indica um solo mediamente plástico de acordo com Caputo (1988).

No ensaio de compactação, verificou-se que o teor de umidade ótima do solo é de 22,85%, a massa específica aparente seca máxima é de 1,58 g/cm³. A massa específica dos grãos de solo, determinada de acordo com a NBR 6458 (2017) é de 2,744 g/cm³.

Posto isso, pode-se comparar os valores obtidos nos ensaios com os parâmetros estabelecidos pela NBR 16814 (2020), sendo esta, a norma específica de adobe, tanto para fabricação quanto para ensaios. Comparando os parâmetros com os resultados dispostos na curva granulométrica, tem-se que o solo ensaiado adequa-se aos critérios estabelecidos, uma vez que, possui 50% de areia (entre 45 e 65% conforme a norma), 23% de silte (fração menor que 30% segundo a norma) e 27% de argila (entre 25 e 35% consoante à norma), sendo então classificado como propício para a fabricação dos adobes.

Sobre o ensaio de resistência à compressão, ele foi realizado 75 dias após a fabricação dos adobes. Os dados correspondentes a cada ensaio foram gerados pelo próprio equipamento, sendo apresentados segundo a sua respectiva resistência à compressão (MPa), assim como demonstrando de forma gráfica os diagramas tensão-deformação por corpo de prova e por grupo ensaiado. Os valores das resistências por corpo de prova, de acordo com cada grupo e com a ordem de execução do ensaio estão dispostos a seguir na tabela 2.

Tabela 3. Resistência à compressão dos corpos de prova por grupo analisado (MPa)

Grupo	Corpo de prova					
	1	2	3	4	5	6
A	0,70	1,26	1,10	1,40	1,13	1,55
B	0,73	0,73	0,89	0,55	0,77	0,77
C	0,86	0,61	0,81	0,44	0,48	0,94
D	0,73	0,79	0,62	0,81	0,76	0,91
E	1,38	2,43	1,25	1,66	1,77	1,01

Entretanto, para uma análise acentuada sobre o ensaio, optou-se por dispor os dados em três gráficos, sendo estes, o gráfico que demonstra a resistência característica (f_{cak}) de cada grupo, obtida através da equação 3, assim como mostra a figura 2, o gráfico que demonstra a resistência à compressão por unidade de adobe (f_{ca}), obtida através da equação 2 e mostrado na figura 3, e o boxplot da resistência à compressão por grupo analisado, como aborda a figura 4.

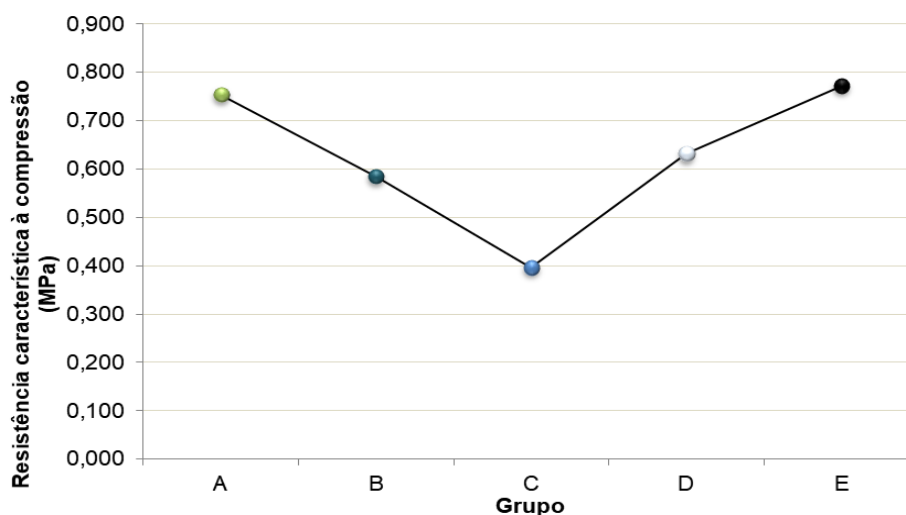


Figura 2. Resistência característica (f_{cak})

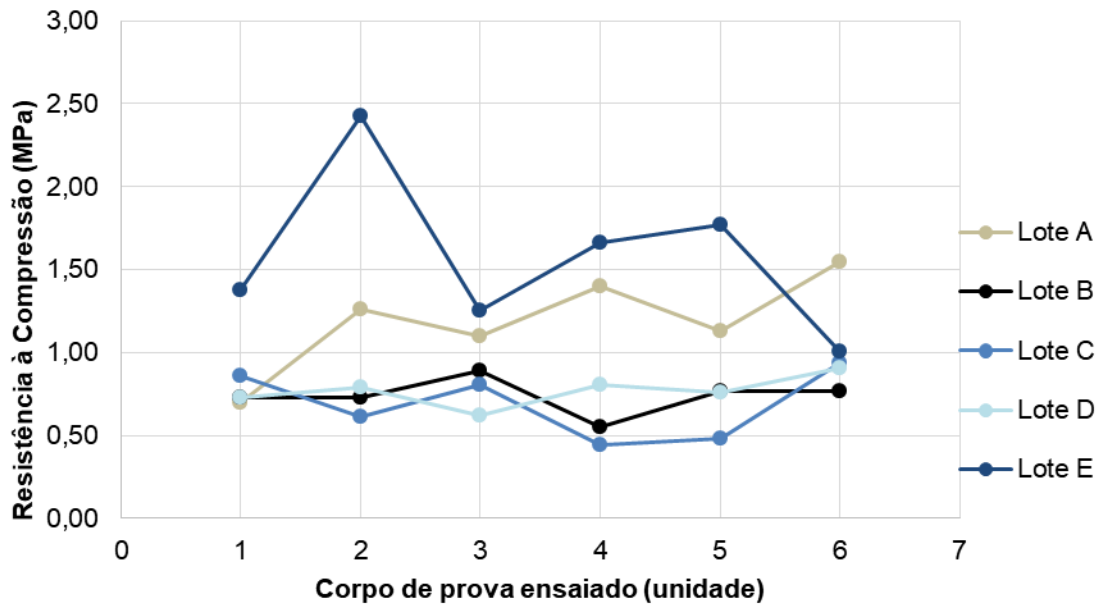


Figura 3. Resistência à compressão por unidade de adobe

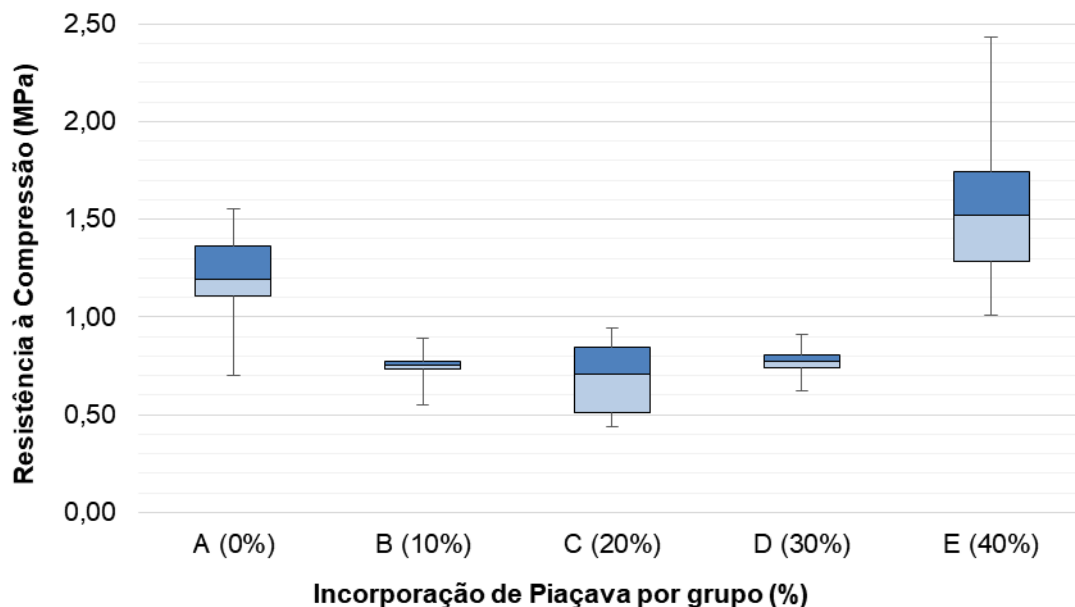


Figura 4. Resistência à compressão por grupo analisado – Boxplot

Quanto ao Grupo A, este representa os adobes fabricados sem adição, adotado para comparação para os demais grupos que possuem adições. Pela figura 2, obteve-se o valor de f_{cak} equivalente à 0,75 MPa; pela figura 3, pôde-se analisar que os valores de f_{ca} comportam-se de maneira relativamente homogênea, flutuando entre 0,70 e 1,55 MPa. Quanto à figura 4, pôde-se fazer uma análise mais elaborada, observando o centro de distribuição (mediana), que se aproxima mais do primeiro quartil (Q1), fazendo com que a dispersão seja positivamente simétrica, apontando que os valores de resistência tendem, em sua maioria, estar acima da mediana. Comparando estes valores com a NBR 16814 (2020), que define os valores de f_{ca} devem ser maiores ou iguais a 1,50 MPa, percebe-se que somente um adobe conseguiu resistência adequada.

Quanto ao grupo B, o valor de f_{cak} foi de 0,58 MPa, abaixo do valor da resistência característica do Grupo A, entretanto, ao analisar os valores de f_{ca} , estes se comportaram mais homogênea, flutuando entre 0,55 e 0,89 MPa, embora, nenhum adobe alcançou resistência maior que 1,00 MPa, comportamento refletido no Boxplot da figura 4, onde a

dispersão se mantém simétrica devido a sua baixa amplitude, possuindo apenas um ponto de mínimo pouco mais significativo que o de máximo.

Quanto ao Grupo C, f_{cak} se apresentou como o menor de todos os ensaios, possuindo 0,40 MPa, ou seja, alcançando somente 45% da resistência característica do Grupo A, sendo que este comportamento também foi percebido na Figura 3, onde os valores de f_{ca} flutuaram entre 0,44 a 0,94 MPa, mostrando-se heterogêneos, dispersando mais que os grupos anteriores. Observando a Figura 4, nota-se que a amplitude dos valores influenciou na sua dispersão, e como a mediana ficou mais próxima do terceiro quartil (Q3), diz-se que os valores se comportaram negativamente simétricos, ou seja, abaixo da mediana.

Quanto ao Grupo D, o valor de f_{cak} correspondeu a 0,63 MPa, ou seja, 84% dos valores referentes ao Grupo A. Em relação a f_{ca} , nitidamente, foram os valores mais homogêneos, flutuando entre 0,62 e 0,91 MPa, fato comprovado pelo Boxplot, demonstrando que os dados referentes à resistência deste grupo, se comportaram de forma simétrica, tanto sua dispersão (amplitude demasiada pequena), quanto os valores de máximo e mínimo. Entretanto, ressalta-se que as resistências ficaram abaixo de 1,50 MPa em todos os adobes.

Quanto ao Grupo E, o valor de f_{cak} sobressaiu ao Grupo A em 2,67%, possuindo 0,77 MPa, sendo importante ressaltar que este grupo também possuiu os maiores valores de f_{ca} , todos acima de 1,00 MPa, tendo três exemplares vencendo a resistência de 1,50 MPa requerida pela normativa específica para adobe. Entretanto, ao interpretar a Figura 4, percebe-se que as resistências se comportam com uma amplitude elevada, estando muito dispersas, sendo que o valor de máximo ainda consegue ser mais destoante dos demais valores analisados.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através deste trabalho, pôde-se concluir que dentre os grupos analisados, os adobes que apresentaram os maiores valores de resistência são pertencentes ao grupo E, possuindo corpos de prova com resistência à compressão mais próximos dos valores estabelecidos pela NBR 16814 (2019) de, no mínimo, 1,5 MPa.

De acordo com os dados obtidos dentro do espaço amostral ensaiado, tornou-se perceptível que os adobes que possuíam maior proporcionalidade em volume (grupo E com 40% de piaçava e 60% de terra) foram àqueles que apresentaram maiores resistências à compressão. Desta forma, acredita-se tal fato pode ter sido influente no ganho de resistência, entretanto, salienta-se a necessidade de realizar ensaios nos demais grupos do espaço amostral (50%, 60%, 70%, 80% e 90%) para confirmar tal hipótese, assim como outros possíveis métodos que investiguem este comportamento.

Salienta-se que a NBR 16814 foi publicada recentemente, datada no ano de 2020, e até então não havia definição sobre o valor mínimo aceitável para a resistência do adobe.

Faz-se outra consideração interessante sobre os adobes analisados, pois, observando a homogeneidade dos dados obtidos, ou seja, de acordo com o comportamento uniforme das resistências, o Grupo D, referente a adobe com 30% de adição de piaçava foi justamente o que menos possuiu flutuação nos dados, e, mesmo não atingindo a resistência necessária (1,5 MPa), ficando abaixo do valor de 1 MPa e dos próprios adobes confeccionados sem a adição da fibra, ainda foi o grupo que se apresentou com maior regularidade.

Este trabalho resumiu-se a adições de 0 a 40%, entretanto não é descartado um aumento da resistência (ou decréscimo) em adições maiores, o que se pode tornar uma proposta para trabalhos futuros e a partir destes, testar novas formas de trabalhar a piaçava para ser incorporada à mistura, uma vez que a parte da fibra empregada é bastante rija.

Em vista disso, este trabalho tem como desfecho que, para adobes confeccionados com a fibra da piaçava, com adições volumétricas de 10, 20, 30 e 40 percentuais, foram os com adição de 40% que apresentaram maior resistência, e os com adições de 30% apresentaram comportamento mais uniforme.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Caputo, H. P. (1988). Mecânica dos solos e suas aplicações. Rio de Janeiro: LTC. Disponível em <<https://engenhariacivilfisp.files.wordpress.com/2015/05/mecanica-solos-fundamentos-vol1-6ed-caputo.pdf>>.
- Carvalho, T. M. P.; Lopes, W. G. R.; Matos, K.C. (2010). O potencial da arquitetura de terra na construção civil. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído,13. Canela: ENTAC. Disponível em <<https://docplayer.com.br/14942402-O-potencial-da-arquitetura-de-terra-na-construcao-civil.html>>.
- Casali, B. C. (2018). A piaçaveira desponta como cultura de destaque na economia da região do sul da Bahia. Ituberá, Bahia: CEPLAC. Disponível em <<http://www.ceplac.gov.br/radar/piacava.htm>>.
- Côrtes, R.G.; França, S. L. B.; Quelhas, O. L. G.; Moreira, M. M.; Meirino, M. J. (2011). Contribuições para a sustentabilidade na construção civil. Rio de Janeiro: Revista Eletrônica Sistemas & Gestão, v. 6, n. 3, p. 384-97. Disponível em <<http://www.revistasg.uff.br/index.php/sg/article/viewFile/V6N3A10/V6N3A10>>.
- Gehl, J. (2015). Cidade para pessoas. Tradução de Anita Di Marco. São Paulo: Perspectiva.
- Gil, A. C. (2002). Como elaborar projetos de pesquisa. São Paulo: Atlas.
- Hibbeler, R. C. (2010). Resistência dos materiais. Tradução de Arlete Marques. São Paulo: Pearson.
- Minke, G. (2015). Manual de construção com terra: uma arquitetura sustentável. São Paulo: B4 Editores.
- NBR 6457 (2016). Amostras de solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- NBR 6458 (2017). Grãos de pedregulho retidos na peneira de abertura 4,8 mm - Determinação da massa específica, da massa específica aparente e da absorção de água. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- NBR 6459 (2017). Solo – Determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- NBR 6502 (1995). Rochas e solos. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- NBR 7180 (2016). Solo – Determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- NBR 7181 (2018). Solo – Análise granulométrica. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- NBR 7182 (2016). Solo – Ensaio de compactação. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- NBR 16814 (2020). Adobe: Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- Organização das Nações Unidas. (2019). A ONU e o meio ambiente. Brasil: ONU. Disponível em <<https://nacoesunidas.org/acao/meio-ambiente/>>.
- Pinheiro, R. (2009). Estudo da resistência do tijolo de adobe com adição de fibras naturais de coco verde para habitações de baixo custo. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará. Disponível em <http://www.deecc.ufc.br/Download/Projeto_de_Graduacao/2009/Estudo%20da%20Resistencia%20do%20Tijolo%20de%20Adobe%20com%20Adicao%20de%20Fibras%20Naturais%20de%20Coco%20Verde%20para%20Habitacoes%20de%20Baixo%20Custo.pdf>.

Santos, B. T. P. dos; Coelho, J. A. (2019). Construção com terra: tipos de técnicas e a importância de seu resgate para o crescimento das cidades sustentáveis. Uruaçu, Goiás: Revista Eletrônica de Ciências Humanas, Saúde e Tecnologia, v. 8, n. 2, p. 1. Disponível em <<https://revista.fasem.edu.br/index.php/fasem/article/view/221>>.

Santos, C. A. dos (2015). Construção com terra no Brasil: panorama, normatização e prototipagem com terra ensacada. Florianópolis: UFSC. Disponível em <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/159436>>.

Soares, R. N. Silva, A. C. Pinheiro, J. C. V. (2008). Tijolos de terra crua estabilizados com fibras de coco verde: alternativa para habitação de interesse social. 46º Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. Fortaleza: SOBER, p. 4-5. Disponível em <www.sober.org.br/palestra/9/741.pdf>.

Torgal, F. P. Eires, R. M. G. Jalali, S. (2009). Construção em terra. Portugal: TecMinho.

AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem à Amanda Silva Mota e a Paloma Maciel S. dos Anjos por terem colaborado na execução dos ensaios de caracterização do solo, vocês são profissionais e mulheres incríveis, à Emílio Farias Vaz pelo auxílio na interpretação dos dados referentes à granulometria do solo, obrigada por todo o comprometimento em auxiliar, e à Sebastião Rodrigues Nunes, pelo auxílio nos ensaios de resistência à compressão e por toda a paciência para conosco.

AUTORES

Beatriz Thainara Pidde dos Santos, bacharelanda em engenharia civil e técnica em química pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – campus Uruaçu, membro do núcleo de pesquisa voltado à sustentabilidade e a bioconstrução, intitulado Sustenta IF. Currículo completo em <http://lattes.cnpq.br/4567242082755760>.

Andrêssa Gomes Nogueira, bacharelanda em engenharia civil e técnica em informática pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – campus Ceres, membro do núcleo de pesquisa voltado à sustentabilidade e a bioconstrução, intitulado Sustenta IF. Currículo completo em <http://lattes.cnpq.br/9644135809355745>.

Jéssica Azevedo Coelho, engenheira civil; mestranda do Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília (UnB), área de concentração em Tecnologia, Ambiente e Sustentabilidade, na linha de pesquisa de Tecnologia de produção do ambiente construído; professora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás. Currículo completo em <http://lattes.cnpq.br/7619220931918842>.



COMPORTAMENTO FÍSICO-MECÂNICO DE ALVENARIA DE TIJOLOS DE SOLO-CIMENTO AUTOADENSADO

Isabella Vitória Oliveira Fonseca¹; Ana Paula da Silva Milani²

Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo e Geografia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

¹isabella.vitoria98@gmail.com; ²ana.milani@ufms.br

Palavras-chave: argamassa de assentamento, solo-cimento fluido, aditivo superplastificante

Resumo

Diante a inovação tecnológica, se destaca o produto solo-cimento autoadensado (SCAA), o qual não necessita de energia para promover a disposição e a coesão entre as partículas, conformando componentes construtivos por ação do seu próprio peso. Nessa vertente, o presente trabalho buscou estudar o comportamento físico-mecânico dos tijolos produzidos com SCAA, bem como verificar a aplicabilidade de argamassas não-convencionais para assentamento de tijolos de solo-cimento autoadensado em alvenaria de vedação. Para tal, foram aplicados os ensaios de compressão simples, de absorção de água, de erosão por gotejamento, de ciclagem por molhamento e secagem e determinação do módulo estático de elasticidade na composição SCAA de 1:5:1,6:0,8% (cimento: solo: água: aditivo superplastificante, em massa). Os resultados mostraram os valores médios para o módulo de elasticidade da mistura de SCAA de 5,3 GPa, para a resistência à compressão simples do tijolo maciço de SCAA de 5,1 MPa e do mini painel de tijolos de SCAA de 4,0 e 2,3 MPa, respectivamente, assentados com argamassa de solo-cimento e argamassa polimérica. Por fim, o comportamento dos tijolos de SCAA foi considerado adequado diante os aspectos de resistência físico-mecânica e ensaios de durabilidade, sendo destacado a melhor compatibilidade de deformação a alvenaria de tijolos de solo-cimento autoadensado assentados com argamassa de solo-cimento.

1 INTRODUÇÃO

Frente a necessidade de melhora da sustentabilidade, o solo se destaca para a fabricação de tijolos e blocos de solo-cimento. Como inovação tecnológica, tem-se o produto solo-cimento autoadensado (SCAA), a qual é produzido com os mesmos materiais do solo-cimento compactado, no entanto possui maior quantidade de cimento e recebe incorporação de aditivo superplastificante e maior quantidade de água para aumentar sua trabalhabilidade (fluidez), o que melhora suas propriedades físicas e mecânicas tanto no estado fresco como no estado endurecido, sem apresentar segregação e exsudação entre os materiais constituintes (Llajaruna, 2016).

Por ser um material com propriedade de autoadensamento, o SCAA não necessita de energia para promover a disposição e a coesão entre as partículas, que é feita por ação do seu próprio peso, necessitando, portanto, menos energia na fabricação do que o solo-cimento compactado convencional.

Fernandes (2017) estudou a viabilidade de aplicação do SCAA para fabricação de blocos por meio de ensaios de compressão em blocos de SCAA e prismas formados por dois blocos. Os resultados encontrados na pesquisa mostraram que as dosagens de SCAA se comportaram de forma estável em seu estado fresco, possibilitando a fabricação de blocos através de formas de madeira, mostrando que a aplicação do SCAA para fabricação de blocos de alvenaria é possível. O referido autor alcançou resultados de compressão simples dos blocos que ultrapassam os 8,5 MPa aos 28 dias de cura, o que possibilita classificar a alvenaria como portante. Fernandes (2017) afirmou ainda que os resultados de compressão simples dos prismas de bloco de SCAA ultrapassaram 4,0 MPa, e mostraram a eficiência da alvenaria que variou de 0,44 a 0,67.

Independente da expansão do uso do solo-cimento como alternativa na construção civil, não há critérios técnicos satisfatórios para delimitar parâmetros de uso do produto em grande escala, no que tange a dimensões, dosagem, composição ou para diferentes maneiras de aplicabilidade (parede monolítica, blocos, tijolos, argamassa, alvenaria).

Além de poucas normas técnicas brasileiras específicas sobre materiais e sistemas construtivos em terra, ainda é incipiente os estudos científicos relacionados ao uso das argamassas de solo-cimento para assentamento, sendo mais difundidas as argamassas mistas de cimento-cal aérea para este fim, ou ainda as argamassas poliméricas, consideradas inovadoras, pois já vêm prontas para utilização sem a necessidade de acréscimo de aditivo ou água, o que gera rapidez, limpeza e economia na execução da obra.

No entanto, deve haver compatibilidade entre as características mecânicas dos blocos e a resistência da argamassa de assentamento, pois as fissuras se iniciam nos vazios dos componentes e acarretam ruptura por esmagamento nas juntas argamassadas inicialmente, seguida do esfacelamento da superfície de contato entre argamassa e o bloco. Em resumo, as propriedades desejáveis às argamassas de assentamento de vedação são trabalhabilidade, retenção de água, resistência mecânica, estabilidade volumétrica e capacidade de absorver deformações, sendo todas interdependentes (Rocha, 2012).

Nesse sentido, o presente trabalho buscou estudar o comportamento físico-mecânico dos tijolos produzidos com SCAA, bem como verificar a aplicabilidade de argamassas não-convencionais para assentamento de tijolos de solo-cimento autoadensado em alvenaria de vedação.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Materiais

Para este estudo, os materiais utilizados nesta pesquisa foram a matéria prima principal o solo arenoso laterítico retirado de jazida próxima a região metropolitana de Campo Grande – MS foi devidamente caracterizado fisicamente a partir dos seguintes ensaios: análise granulométrica NBR 7181 (2016), Índice de Plasticidade NBR 6459 (1984), determinação do Limite de Liquidez NBR 6458 (2017) e NBR 7180 (1984), Massa específica dos Sólidos NBR 6508 (1984).

O cimento utilizado na pesquisa foi o CP II-E-32 da marca Itaú, fabricante Votorantim. Foi utilizado o aditivo químico superplastificante da BASF MasterGlenium ACE 400 com pH de 6,00-8,00 e massa específica de 1,030-1,070 g/cm³ e também o aditivo químico incorporador de ar com ação plastificante, da marca Quartzolit, com pH de 4,50-7,50 e massa específica de 1,002-1,004 g/cm³. A argamassa polimérica foi utilizada da marca Biomassa, com densidade aparente 1,9 g/cm³. A água utilizada foi procedente do sistema público de distribuição de água potável da cidade de Campo Grande (MS).

2.2 Métodos

Para a confecção dos tijolos maciços, o traço escolhido para a definição da dosagem das misturas de solo-cimento autoadensado (SCAA) foi 1:5:1,6:0,8% (cimento: solo: água: aditivo superplastificante, em massa) baseado nos estudos anteriormente realizados por Fonseca e Milani (2020) com os mesmos materiais. Vale ressaltar que houve um ajuste no traço do estudo em análise, no valor da relação a/c, sendo de 2,0 para 1,6; pois mudou-se o fabricante do aditivo. Não houve alterações para as proporções dos outros materiais. As dimensões do tijolo, também já analisado pelo mesmo estudo citado, foram definidas de acordo com a utilização para componentes de parede de alvenaria de vedação conforme a NBR 8491 (2012), sendo altura H=7cm, largura L=12cm e comprimento C=24cm.

A homogeneização da mistura solo+cimento+água+superplastificante foi realizada em betoneira e em sequência, no estado fresco, realizou-se a determinação de espalhamento

(slump flow) conforme a NBR 15823-2 (2017) para controle de abertura do diâmetro de espalhamento, consistência e trabalhabilidade da mistura, e por fim lançados nas fôrmas sem nenhum tipo de adensamento. Para tal, foram moldados tijolos maciços e corpos de prova conforme a NBR 12024 (2012), para posteriores ensaios de caracterização físico-mecânica descritos a seguir:

- Ensaio de resistência à compressão simples (NBR 8492, 2012; NBR 12025, 2012): moldados 3 CPs cilíndricos de $\phi 5\text{cm} \times 10\text{cm}$ e 3 tijolos maciços, nas idades de 7 e 28 dias.
- Determinação do módulo estático de elasticidade (NBR 8522, 2017): moldados 3 CPs cilíndricos de $\phi 10\text{cm} \times 20\text{cm}$, na idade de 7 dias (figura 1b).
- Determinação da absorção de água por imersão (NBR 8492, 2012; NBR 13555, 2012): moldados 3 CPs cilíndricos de $\phi 5\text{cm} \times 10\text{cm}$ e 3 tijolos maciços, nas idades de 7 e 28 dias.
- Ensaio de ciclagem por molhamento e secagem (NBR 13554, 2012): moldados 6 CPs cilíndricos de $\phi 5\text{cm} \times 10\text{cm}$; e na idade de 28 dias foi executado 12 ciclos alternados de molhamento e secagem e eliminado a etapa de escovação. Ao final dos ciclos, determinou-se a perda de massa e aplicou-se o ensaio mecânico de compressão simples.
- Determinação da erosão da superfície de prismas por gotejamento (NZS 4298, 1998; UNE 41410, 2008): moldados 3 CPs prismáticos $15\text{cm} \times 15\text{cm} \times 15\text{cm}$ para a idade de 28 dias. Este requisito é importante devido à exposição dos tijolos a intempéries, submetidos a alta umidade e abrasão, que interferem significativamente no desempenho físico-mecânico dos tijolos de SCAA. Para controle adequado da vazão em função do tempo de gotejamento de água foi utilizado um equipo de soro e os parâmetros de ensaio das normativas internacionais citadas acima (figura 1a).

Para as argamassas de assentamento, utilizaram-se dois tipos de argamassa para este estudo: argamassa de solo-cimento composta por cimento, solo, água e aditivo incorporador de ar e a argamassa polimérica industrializada. Para a escolha do traço da argamassa de solo-cimento (CSA), pautado no estudo de Oliveira (2013), tendo como base o traço 1:6,5 (cimento: solo, em massa), com 0,2% de aditivo incorporador de ar em relação a massa do cimento, conforme as recomendações do fabricante. A relação água/cimento (a/c), teve como base a trabalhabilidade e aspectos visuais da argamassa de assentamento conforme a avaliação de um assentador experiente e chegou-se a um valor de 2,07. Logo, o traço definido para a argamassa de solo-cimento foi 1:6,5:2,07:0,2% (cimento: solo: água: aditivo, em massa). A homogeneização da mistura da argamassa de CSA foi realizada em argamassadeira.

Já para a argamassa polimérica industrializada (POL) foi adquirida comercialmente e aplicada. Segundo Carasek (2007), as composições químicas das argamassas poliméricas de assentamento disponíveis variam, com diferentes composições, tipos e quantidades das matérias primas empregadas na composição, resultando em diversos desempenhos mecânicos e de durabilidade. A argamassa polimérica em geral, não utiliza composição cimentícia, empregando, desta forma polímeros, nanotecnologia e agregados minerais provenientes de rochas calcárias.

Em sequência, foram confeccionados seis mini painéis de tijolos maciços de SCAA, sendo três painéis assentados com argamassa de CSA e outros três painéis com a argamassa POL. Os mini painéis consistiam em três tijolos assentados um sobre o outro, moldados pelo mesmo assentador que realizou a avaliação da consistência da argamassa. Cabe ressaltar que o assentamento com argamassa de solo-cimento foi distribuído a massa ao longo de toda a face dos tijolos. Já para a argamassa polimérica seguiu-se as recomendações do fabricante, onde foi realizado um filete em torno do perímetro do tijolo com aproximadamente 1,0cm de diâmetro de largura.

Todos os painéis foram capeados com argamassa de regularização conforme a NBR 16868-3 (2020) para a realização do ensaio de resistência à compressão de prismas descrito na mesma norma. Os mini painéis foram submersos em água por 24h antes da realização do

ensaio, conforme previsto na norma NBR 8492 (2012). Os tijolos de SCAA utilizados para a execução dos mini painéis tinham a idade de 14 dias quando realizado a aplicação das argamassas de assentamento, para rompimento dos mini painéis na idade de 28 dias.

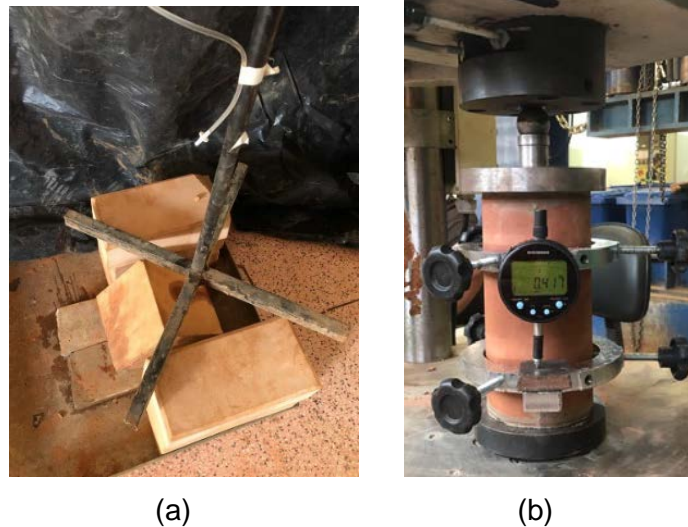


Figura 1 – (a) adaptação para ensaio de erosão por gotejamento; (b) determinação do módulo estático de elasticidade

3 RESULTADOS

3.1 Ensaios de caracterização do solo

A caracterização física do solo apresentou valor de massa específica dos sólidos de $2,84 \text{ g/cm}^3$, limite de liquidez NL, limite de plasticidade NP; sendo classificado pela AASHTO como A-2-4 areia siltosa ou argilosa, que, conforme a NBR 13553 (2012), observa-se uma distribuição granulométrica adequada para a produção de tijolos, pois o solo deve apresentar 100% de material passante pela peneira com abertura de malha de 4,75mm, valor de limite de liquidez abaixo de 45% e o valor de teor de finos entre 15% e 50% passantes na peneira com abertura de malha de $75\mu\text{m}$, tais características presentes no solo amostrado. Tal solo, na forma que apresenta sua distribuição granulométrica, confere um bom grau de empacotamento, característica desejável para produção de tijolos de SCAA. É importante destacar que o grau de empacotamento é proporcional a densidade da mistura e inversamente proporcional a permeabilidade no estado endurecido, garantindo, portanto, um SCAA com características mais duráveis e melhores aspectos mecânicos (Fernandes, 2017).

3.2 Caracterização da mistura de SCAA no estado fresco

Conforme a pesquisa de Fonseca e Milani (2020), a mistura de SCAA foi determinada no estado fresco por meio do ensaio do slump flow para que alcançasse o diâmetro de espalhamento mais próximo ao valor adotado de 650 a 750mm, onde direcionou os traços com potencial de autoadensabilidade, sem ocorrer segregação e exsudação da mistura (figura 2).

Pode-se entender desta forma, que a diminuição de água na mistura está relacionada ao aumento de consumo de cimento, devido a sua reação com o aditivo superplastificante, melhorando suas características no estado fresco, tais como fluidez e trabalhabilidade, diminuindo assim o consumo de água.

Na figura 2b, está apresentado a mistura de SCAA com melhor trabalhabilidade e fluidez para o seu lançamento nas fôrmas de conformação dos tijolos, sem a necessidade de adensamento.

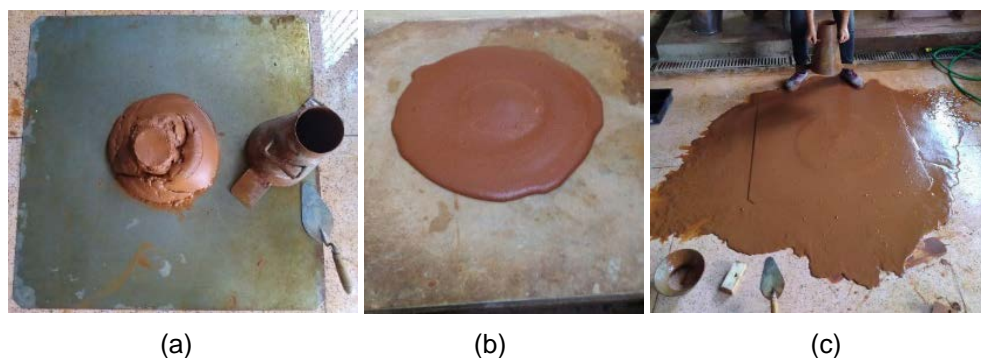


Figura 2 – Ensaio do slump flow: (a) estado plástico, (b) estado fluido - autoadensado, (c) fora do limite de autoadensabilidade

3.3 Caracterização da mistura de SCAA no estado endurecido

Para os ensaios de caracterização da mistura de SCAA é importante observar as proporções dos materiais que constituem o traço para posterior análise e entendimento dos resultados. Para o traço em estudo, tais proporções em porcentagem foram 20,0% de cimento em relação ao solo e 26,67% de água em relação aos materiais secos. Na Tabela 1 mostra os resultados obtidos dos ensaios realizados no estado endurecido do SCAA.

Tabela 1 – Ensaio de resistência à compressão simples e absorção de água para o SCAA

CP	Compressão simples (MPa)		Absorção de água (%)	
	7 dias	28 dias	7 dias	28 dias
M*	2,1	3,9	21,93%	21,85%
DP*	0,01	0,06	0,00	0,00
CV*	0,63%	1,62%	1,02%	0,96%

Tijolo	Compressão simples (MPa)		Absorção de água (%)	
	7 dias	28 dias	7 dias	28 dias
M*	2,3	5,1	22,92%	15,68%
DP*	0,07	0,16	0,00	0,00
CV*	3,04%	3,09%	0,62%	0,28%

*M – média; DP – desvio padrão; CV – coeficiente de variação.

Analisando a tabela 1, nota-se que os valores da caracterização físico-mecânica para os tijolos de SCAA comportaram-se de maneira semelhante a caracterização dos CPs de SCAA no estado endurecido. Os valores de resistência à compressão simples e capacidade de absorção de água dos tijolos em relação aos CPs cilíndricos, aos 28 dias, apresentaram melhor comportamento. Essa melhora físico-mecânica pode ser explicada pela moldagem, a qual a fôrma em paralelepípedo favoreceu no preenchimento com a mistura de SCCA.

Conforme a NBR 8491 (2012), a média dos valores de resistência à compressão simples não deve ser inferior a 2,0 MPa com idade mínima de 7 dias e para a capacidade de absorção de água os valores médios não devem ser superiores a 20% com a mesma idade. Os tijolos de SCAA alcançaram o valor de resistência exigido aos 28 dias de idade. Nota-se ainda que mesmo com a diminuição da água (fator a/c) em comparação com a mistura estudada anteriormente por Fonseca e Milani (2020), a capacidade de absorção de água ainda se mostrou superior ao valor exigido por norma, porém mais próximo ao limite exigido. Pode-se dizer que é o maior desafio encontrado utilizando esse solo com características mais arenosas, mas o que não afeta seu desempenho mecânico, sendo possível que com

pequenos ajustes tem-se grande potencial para melhorar o desempenho físico destes componentes construtivos. Ainda vale destacar o método de homogeneização do traço de SCAA quando misturado em betoneira do que quando misturado em argamassadeira para moldagem dos tijolos, pois grandes volumes de materiais foram melhor homogeneizados na betoneira estacionária.

A determinação do módulo de elasticidade (MOE) resultou no valor médio de 5,3 GPa, aos 7 dias de idade. Fernandes (2017), realizou o ensaio de MOE em três traços diferentes de SCAA, com 20,67%; 30,0% e 33,3% de cimento em relação ao solo+areia, resultando no valor médio de 7,7 GPa, aos 28 dias de idade. A alta porcentagem de aglomerante cimentício, assim como a diferença de idade em que foi realizado o ensaio, podem ser fatores que explicam a diferença de valores entre os estudos, mas que indicam mesma ordem de grandeza. Portanto, o valor para o MOE da mistura de SCAA na presente pesquisa mostra-se compatível para os materiais construtivos de terra e pode ser utilizado para análise estrutural do comportamento do sistema construtivo parede.

Em vista do comportamento dos CPs de SCAA diante os ciclos de molhamento e secagem do ensaio de durabilidade por ciclagem, não foi verificado desagregação ou fragmentação, até mesmo nas arestas dos cilindros. Apenas um grão ou outro desprende-se ao longo da ocorrência do ensaio, porém não se observou fissuras por sua superfície.

Todos os CPs com a idade de 28 dias apresentaram perda de massa com média de 0,24% valor este aceitável para utilização como componentes construtivos de acordo com Milani (2008), ficando abaixo dos 10%. Observa-se que a média da resistência à compressão dos CPs submetidos aos ciclos de imersão em água e secagem (5,9 MPa) é maior que os CPs que não foram submetidos ao ensaio de durabilidade aos 28 dias (tabela 1). Esse efeito pode ser devido a ocorrência das reações de pozolanicidade ativadas pelo processo de molhamento e secagem da mistura de SCAA, aumentando a resistência mecânica do tijolo e a sua estabilidade volumétrica (Milani, 2008).

Nos estudos de Milani (2008) e Grande (2003), os valores de perda de massa para o solo-cimento compactado foram abaixo de 1%, mostrando que o valor obtido no presente estudo foi abaixo da média dos estudos citados, já que apresenta maior adição de estabilizante.

Na análise dos prismas de SCAA após o ensaio de erosão da superfície por gotejamento não houve nenhuma erosão devido ao gotejamento de água, bem como a profundidade da penetração da água após corte do prisma foi menor que 120mm, o que diz que a mistura SCAA está apta para aplicação de acordo com os parâmetros exigidos pelas normas do ensaio (figura 3).

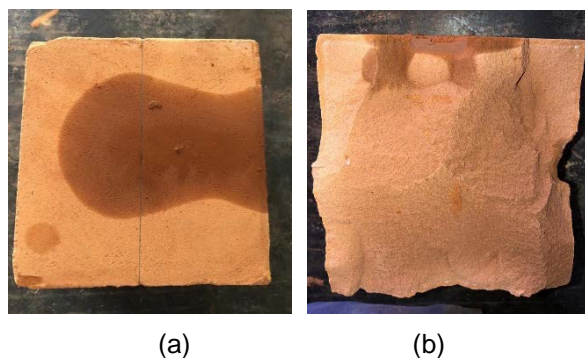


Figura 3 – Erosão da superfície e profundidade da penetração da água no prisma de SCAA

Isso se deve a alta porcentagem de cimento presente na mistura (20%) em relação aos trabalhos analisados de Lunes *et al.* (2017) e Milani e Vale (2019), onde o teor de cimento foi variado entre 0% a 8% para estabilização do solo aplicado em taipa de pilão. Vale lembrar que o solo-cimento utilizado para esta análise foi o autoadensado, que conta com a presença de aditivo superplastificante, responsável por auxiliar no autoadensamento da mistura, que pode diminuir o volume de vazios, tornando o prisma de SCAA mais estável na superfície, já que os estudos citados foram realizados com solo-cimento compactado.

3.4 Ensaio de resistência à compressão dos mini painéis

Os resultados de ruptura dos mini painéis assentados com as argamassas em análise encontram-se expressos na tabela 2.

Tabela 2 – Ensaio de resistência à compressão dos mini painéis

Tipo argamassa	Resistência à compressão (MPa)	
	28 dias	
CSA	M*	4,0
	DP*	0,30
	CV*	7,68%
POL	M*	2,3
	DP*	0,25
	CV*	11,19%

*M – média; DP – desvio padrão; CV – coeficiente de variação

O valor da resistência à compressão simples dos mini painéis assentados com a CSA foi maior que para a POL, o que mostra que uma argamassa mais resistente mecanicamente não resulta necessariamente em uma parede mais resistente. Há de se considerar que as argamassas de solo-cimento do estudo de Oliveira (2013) apresentam valores de resistência à compressão com proximidade aos valores encontrados para os tijolos de SCAA, o que demonstra melhor compatibilidade entre as deformações desses materiais quando solicitados em conjunto.

Quando há uma diferença significativa na resistência a compressão da argamassa de assentamento e do tijolo, mostra uma incompatibilidade mecânica entre estes materiais. Essas resistências elevadas geram tensões excessivas na interface de apoio resultando deformações muito distintas entre os dois materiais, provocando perda de aderência, fendilhamento e possíveis fragmentos laminares. Para melhorar a conformidade físico-mecânica entre estes materiais componentes da parede, o solo, como sendo parte da argamassa de assentamento, torna-se apropriado para um bom desempenho em relação as deformações da alvenaria, pois ambos – tijolo e argamassa - apresentam menores módulos de elasticidade (Mateus; Veiga; Brito, 2015).

Na figura 4, foi possível notar o comportamento das fissuras para os dois casos analisados. Para a argamassa de solo-cimento, as fissuras foram distribuídas ao longo de todas as faces do mini painel, caracterizando um tipo de rompimento com absorção de energia pelo conjunto. Já para a argamassa polimérica houve um deslocamento nas faces dos tijolos, sendo este na linha de aplicação da argamassa polimérica em cordão. Estas observações corroboram os conceitos sobre a melhor compatibilidade de deformações entre argamassa e tijolo de solo-cimento.

Segundo Bertocini *et al.* (2010), a alvenaria necessita de argamassas que absorvam a energia aplicada ao conjunto, reforçando que para assentamentos de blocos e tijolos de vedação não é recomendado argamassas rígidas. Fica claro, segundo Oliveira (2013), que a função da argamassa de assentamento é de solidarização, ficando a resistência à compressão em segundo plano. Cabe lembrar a diferenciação no assentamento dos mini painéis – a distribuição da argamassa ao longo da face do tijolo - que ocasiona distribuição diferente de tensões, já que uma ocorreu por cordões e a outra por um contato maior de área em toda a face do tijolo. Todavia ressalta-se que a argamassa polimérica proporcionou controle no desperdício de material, porém comparando a resistência à compressão entre os mini painéis, houve a diminuição deste parâmetro em relação a argamassa de solo-cimento.

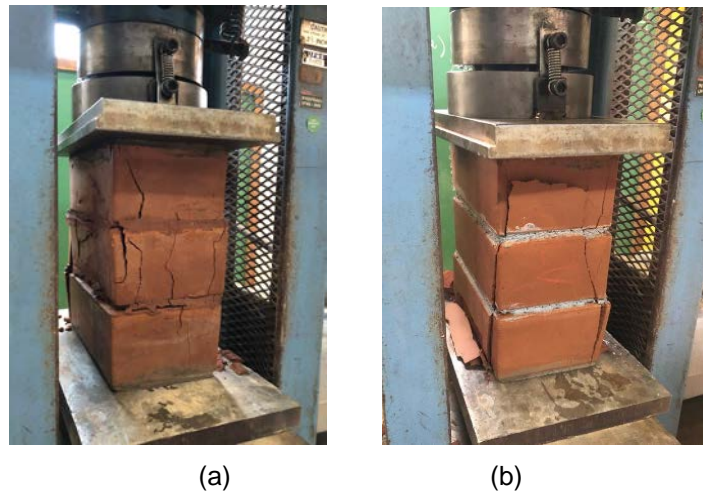


Figura 4 – Ensaio de resistência à compressão dos mini painéis assentados com argamassa: (a) de solo-cimento; (b) polimérica

Logo, a forma e dimensão de aplicação da argamassa também influenciou o comportamento diferente entre os mini painéis de tijolos de SCAA assentados ora com argamassa de solo-cimento e ora com argamassa polimérica.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante desses resultados, os tijolos de SCAA foram considerados aptos nos quesitos resistência físico-mecânica e ensaios de durabilidade, sendo alcançado os valores exigidos pelas normas com relação a resistência à compressão simples, a capacidade de absorção de água e a erosão da superfície por gotejamento.

Em relação aos mini painéis de tijolos de SCAA, as duas argamassas cumpriram a função de união dos tijolos, porém a argamassa de solo-cimento se mostra mais viável em razão da sua composição semelhante com a do tijolo, o que garante uma deformabilidade mais compatível, tendo comportamento físico-mecânico com maior conformidade devido aos módulos de elasticidade semelhantes.

Por fim, os mini painéis corroboraram a potencialidade de execução da alvenaria de vedação de tijolos de SCAA assentados com argamassa de solo-cimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bertocini, Sandra Regina; Milani, Ana Paula da Silva; Silva, Alex Menezes (2010). Estudo de argamassas para assentamento de blocos de terra comprimida. In: Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil, 3 (TerraBrasil 2010), Campo Grande, Brasil: TerraBrasil/UFMS. Disponível em: <http://redeterrabrasil.net.br/publicacoes/>
- Carasek, Helena. (2007). Argamassas. Em: Isaia, G, C. (ed.) Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais: Argamassas. São Paulo: IBRACON. p. 863-904
- Fernandes, Gustavo Fantini (2017). Utilização do solo-cimento autoadensado na fabricação de blocos de alvenaria. 2017. Dissertação de mestrado. Ilha Solteira: Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.
- Fonseca, Isabella Vitória Oliveira; Milani, Ana Paula da Silva (2020). Comportamento físico-mecânico de alvenaria de blocos de solo-cimento autoadensado. In: INTEGRA UFMS, 4. Mato Grosso do Sul: UFMS. Disponível em: <https://integra.ufms.br/anais2020/>
- Grande, Fernando Mazeo (2003). Fabricação de tijolos modulares de solo-cimento por prensagem manual com e sem adição de sílica ativa. São Carlos, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, p.75-99.
- lunes, Isabella Maria Carvalho; Milani, Ana Paula da Silva; Yuba, Andrea Naguissa (2017). Requisitos de qualidade para o projeto da norma brasileira de paredes de taipa de pilão. In: Encontro Latino-

Americano e Europeu sobre edificações e comunidades sustentáveis, 2 (EuroELECS). Rio Grande do Sul: Unisinos. Disponível em: <http://www.unisinos.br/eventos/encontro-latino-americano-e-europeu-sobre-edificacoes-e-comunidades-exelecs>

Llajaruna, Manuel Antonio Villalobos (2016). Estudo do solo-cimento auto adensável para a fabricação de tijolos de pó de mármore e resíduo de construção. Dissertação de mestrado. Ilha Solteira: Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

Mateus, Luís; Veiga, Maria do Rosário; Brito, Jorge de (2015). Caracterização de argamassas de protecção exterior de suportes em terra compactada. *In*: Congresso Latino-Americano de Patologia da Construção, 13. Lisboa, Portugal. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/285056442_Caracterizacao_de_Argamassas_para_Sistemas_de_Proteccao_Exterior_de_Suportes_de_Terra_Compactada?channel=doi&linkId=565c868508aeaf2aac70eb5&showFulltext=true

Milani, Ana Paula da Silva (2008). Avaliação física, mecânica e térmica do material solo-cimento-cinza de casca de arroz e seu desempenho como parede monolítica. Tese de doutorado. Campinas: Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas.

Milani, Ana Paula da Silva; Vale, Bruna Ribeiro do (2019). Compatibilização de ensaios físicos-mecânicos para o projeto de norma parede de taipa. *In*: INTEGRA UFMS, 3. Mato Grosso do Sul: UFMS. Disponível em: <https://integra.ufms.br/anais2019/>

NBR 8491 (2016, versão corrigida 2017). Solo – Determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.

NBR 6459 (2016, versão corrigida 2017). Grãos de pedregulho retidos na peneira de abertura 4,8 mm – Determinação da massa específica, da massa específica aparente e da absorção de água. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.

NBR 7180 (2016). Solo – Determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.

NBR 7181 (2016, versão corrigida 2018). Solo – Análise granulométrica. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.

NBR 8491 (2012). Tijolo de solo-cimento – Requisitos. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.

NBR 8492 (2012). Tijolo de solo-cimento – Análise dimensional, determinação da resistência à compressão e absorção de água – Método de ensaio. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.

NBR 12024 (2012). Solo-cimento — Moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos — Procedimento. Rio de Janeiro, 2012

NBR 12025 (2012). Solo-cimento - Ensaio de compressão simples de corpos de prova cilíndricos – Método de ensaio. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.

NBR 13553 (2012). Materiais para emprego em parede monolítica de solo-cimento sem função estrutural – Requisitos. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.

NBR 13555 (2012). Solo-cimento – Determinação da absorção de água – Método de ensaio. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.

NBR 15823-2 (2017). Concreto autoadensável Parte 2: Determinação do espalhamento, do tempo de escoamento e do índice de estabilidade visual - Método do cone de Abrams. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.

NBR 16868-3 (2020). Alvenaria estrutural Parte 3: Métodos de ensaio. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.0

NZS 4298 (1998). Materials and workmanship for earth buildings [Building Code Compliance Document E2 (AS2)]. New Zealand: New Zealand Edict of Government – New Zealand Standards Executive

Oliveira, Diego Moraes (2013). Estudo de aditivos para argamassas não-convencionais de solo-cimento. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso. Campo Grande: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Engenharia e Geografia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

Rocha, Rebeca Silva (2012). Avaliação e comparação das propriedades mecânicas de uma argamassa pronta não cimentícia para alvenaria com e sem função estrutural frente às argamassas convencionais. Trabalho de Conclusão de Curso. Campo Mourão: Universidade Tecnológica Federal do Paraná

UNE 41410 (2008). Bloques de tierra comprimida para muros y tabiques. Definiciones, especificaciones y métodos de ensayo. Madrid: Asociación Española de Normalización y Certificación – Aenor

AGRADECIMENTOS

Ao Laboratório de Materiais de Construção Civil da FAENG/UFMS, e ao Programa de Bolsas de Iniciação Científica e Tecnológica da UFMS/CNPq.

AUTORES

Isabella Vitória Oliveira Fonseca, graduada em engenharia civil pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, autora do trabalho de conclusão de curso o qual originou este artigo.

Ana Paula da Silva Milani, doutora em construções rurais e ambiência, professora associada da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) atuando no Programa de Pós-Graduação em Eficiência Energética e Sustentabilidade, membro da Rede PROTERRA e da Rede TerraBrasil; coordenadora da Comissão de Estudos de construções com terra da ABNT.

CONSISTÊNCIA E FISSURAÇÃO EM REVESTIMENTO ARGAMASSADO DE SOLO COM ADIÇÃO DE FIBRA DE POLIÉSTER

Natália Arissa Fujita¹; Augusto Montor de Freitas Luiz²; Sarah Honorato Lopes da Silva³

Universidade Tecnológica Federal do Paraná – campus Apucarana
¹natfujita@hotmail.com; ²augustom@utfpr.edu.br; ³sarahh@utfpr.edu.br

Palavras-chave: argamassa de revestimento, sustentabilidade, reboco de terra.

Resumo

A construção civil é responsável por grande parte do impacto ambiental no planeta, consequentemente, pesquisas em sustentabilidade estão em ascensão. Nesse contexto, a argamassa de solo, “reboco natural” ou “reboco de terra”, que consiste em empregar o uso de solo com características pozolânicas como aglomerante, tem sido desenvolvida com o objetivo de substituir os revestimentos argamassados cimentícios. Além disso, já pode ser comprovado que esse material promove o conforto térmico e acústico, e controle de umidade no interior de edificações. Assim, o presente trabalho objetivou promover o desenvolvimento de formulações preliminares de argamassa de solo com adições de fibras têxteis de poliéster, analisando seu potencial em substituir a argamassa de revestimento cimentícia utilizada em ambientes internos. Avaliaram-se principalmente propriedades como a consistência e a fissuração formuladas com dois solos distintos, um com predominância de partículas argilosas e outro arenosas, foram feitas misturas de solo com variações nos teores de umidade e percentagens de adição de fibras de poliéster para conter a fissuração. A partir dos resultados obtidos observou-se que existe um intervalo ótimo de umidade, e que a inserção de fibras pôde reduzir o índice de fissuração. As argamassas com solo arenoso apresentaram menores índices de fissuração, porém ainda são necessários outros ensaios para avaliar outras características importantes na avaliação de uma argamassa de revestimento.

1. INTRODUÇÃO

A sustentabilidade é um assunto em ascensão, cada vez mais procura-se a utilização de materiais que gastam menos energia para a sua produção e que possam ser reutilizados ou reciclados. A principal importância da substituição por solo como revestimento se justifica pelo cimento apresentar significativo custo financeiro e gerar alto impacto ambiental durante sua produção. Segundo o Sindicato Nacional da Indústria do Cimento (2019), a produção de cimento é responsável por aproximadamente 7% das emissões de CO₂ de origem antrópica no mundo.

Além de agregarem maior valor sustentável, as argamassas de solo apresentam propriedades higroscópicas, ou seja, são capazes de captar, reter e liberar o vapor d'água presente no ar onde está envolvido. A utilização de argamassas de solo para revestimento interno colabora para o equilíbrio da umidade no interior dos ambientes, consequentemente contribuindo para um maior conforto térmico (Faria; Lima, 2018). Essa propriedade faz com que esse revestimento deixe o ambiente mais agradável trazendo benefícios à saúde por serem menos propensas ao desenvolvimento de doenças respiratórias (Santos, 2014).

Outras vantagens são associadas a utilização do solo como material de construção civil, tais como a abundância de matéria prima, o bom isolamento térmico e acústico, a não toxicidade, a natureza não combustível e pode ser reutilizada quando não estabilizada com ligantes químicos (Nabais, 2015).

Porém, as construções à base de solo apresentam alta vulnerabilidade à água, uma vez que mesmo após endurecimento voltam ao estado plástico em contato com a água no estado líquido (Faria; Lima, 2018). Isso possibilita a degradação da superfície, proliferação de

fungos, retração e dilatação material, diminuição do isolamento térmico e da resistência mecânica que naturalmente já é comparativamente mais frágil (Faria, 1999).

Contudo, a modificação na mistura tradicional da argamassa pode desencadear alguns fenômenos patológicos, assim, na presente pesquisa será utilizada a adição de fibra de poliéster, provenientes de resíduos do tecido. A utilização das fibras melhora os problemas como a retração das argamassas (fissuração) (Siqueira, 2006). Porém, essa adição afeta a trabalhabilidade da mistura, já que proporcionam a restrição da mobilidade relativa das partículas e demandam maior quantidade de água de molhagem (Figueiredo, 2011).

Portanto, o presente trabalho visa avaliar o potencial e a viabilidade de dois solos coletados no município de Tamarana, Paraná, como o aglomerante das argamassas de revestimento interno, e a fibra de poliéster como adição, através da avaliação de ensaios empíricos. Desta forma, descarta-se a utilização de cimento em sua composição.

2. OBJETIVOS

O presente trabalho visa avaliar o potencial e a viabilidade de dois solos coletados no município de Tamarana (PR), como aglomerante das argamassas de revestimento interno, e a fibra de poliéster como adição, através do desenvolvimento de formulações preliminares de argamassas e da avaliação do índice de consistência (IC), tomando como referência DIN 18947 (2018) e a NBR 13276 (2005).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa desenvolveu-se em quatro etapas: a) caracterização da área de estudo e seleção dos materiais, b) caracterização dos materiais, c) dosagem das argamassas de solo e d) a análise do processo de fissuração.

3.1 Breve caracterização da área de estudo dos solos

Na etapa inicial de seleção de solos, buscou-se identificar regiões com presença de jazidas de solos com composição granulométrica distintas nas proximidades de Apucarana-PR, cidade que conta com um dos campi da Universidade Tecnológica Federal do Paraná e, conseqüentemente, onde as análises seriam conduzidas. Esta situação foi verificada no município de Tamarana, em uma região limítrofe com o município de Mauá da Serra, que distam 60km e 50km de Apucarana, respectivamente. A amostra 1, denominada "Tamarana" foi coletada na localização das coordenadas S23°51'31,4" e W51°09'40,3", já a amostra 2, denominada "Mauá" nas coordenadas S23°52'43,2" e W51°10'18,2", conforme ilustra a figura 1.

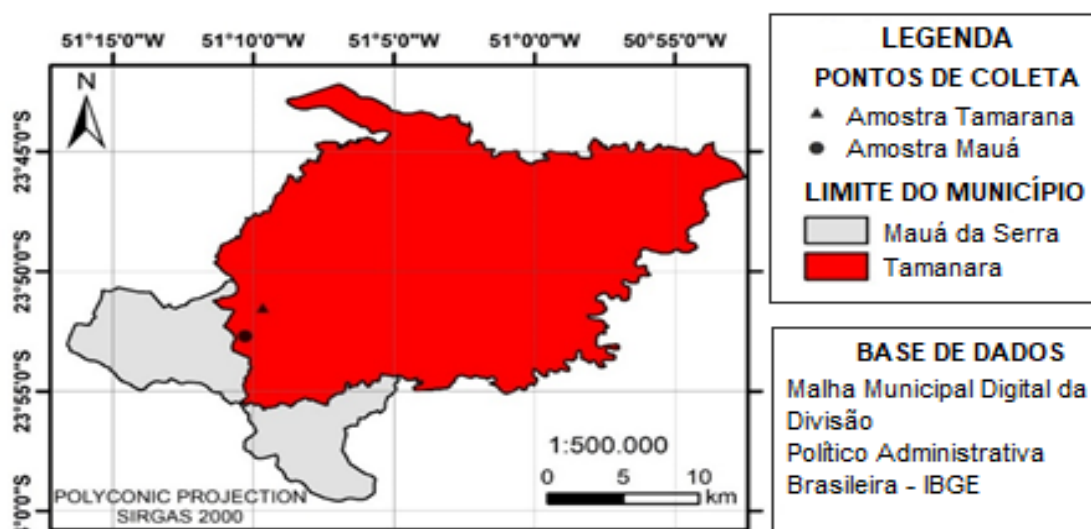


Figura 1 - Localização das amostras (Fujita, 2020)

De acordo com a Carta Geológica da Folha de Londrina (Mineropar, 2006), o local de coleta das amostras encontra-se em uma região de contato entre as formações Serra Geral (Grupo Bauru) e Rio do Rasto (Grupo Passa Dois), onde coexistem arenitos, basaltos, siltitos e argilitos. Por ser uma região de transição, os solos localizados nesta região podem apresentar mudanças bruscas de propriedades dependendo de sua posição espacial.

3.2 Caracterização dos solos

Após selecionados os pontos de coleta de solos, as amostras foram levadas ao laboratório de Geotecnia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Apucarana. Foram realizadas os preparo das respectivas amostras conforme a NBR 6457 (2016) e os ensaios de análise granulométrica, limite de plasticidade, limite de liquidez e massa específica dos sólidos, empregadas pelas normas, NBR 7181 (2016), NBR 7180 (2016), NBR 6459 (2016) e NBR 6458 (2016), respectivamente.

3.3 Seleção e caracterização da fibra de poliéster

As fibras de poliéster empregadas neste estudo são provenientes de resíduos têxteis disponibilizados por uma confecção têxtil da cidade de Apucarana - PR. Os resíduos de tecido foram cortados, manualmente, em quadrados de 1cm por 1 cm e fragmentados um a um, para ficarem separadas fio a fio com comprimentos de aproximadamente 1 centímetro.

A caracterização das fibras deu-se pela sua densidade, para a determinação de porcentagem a ser incorporada na argamassa e sua análise visual. Sendo assim, o ensaio densidade foi realizado pelo método do picnômetro presente na norma PN - EN ISO 1183-1 (2004). A análise visual das amostras de fibras foi feita com auxílio do microscópio digital HD Color CMOS Sensor com resolução 640x480 pixels e capacidade de aproximação em 1600x, sendo possível analisar a rugosidade superficial dos filamentos e verificar a dimensão e espessura aproximada das fibras.

3.4 Dosagem das argamassas de solo

O procedimento de dosagem consistiu em testar misturas de solo, água e fibra, no entanto, ao longo do trabalho os métodos foram sendo modificados para a melhoria das análises. Assim, esta etapa do estudo foi subdividida em outras duas: as Misturas Preliminares e as Misturas Definitivas.

Ressalta-se que, nos resultados das análises de caracterização do solo, a umidade foi representada pelo teor de umidade, em porcentagem. No entanto, para as argamassas, esses valores foram traduzidos pela relação de massa de água por massa de solo (a/s), para ficar compatível com os trabalhos referentes a argamassas que utilizam a relação água por cimento (a/c).

a) Misturas Preliminares

Nesta etapa, as argamassas foram dosadas com e sem fibras de poliéster e aplicadas horizontalmente em blocos cerâmicos em espessura de 1 cm. A fim de obter uma relação do fator água/solo e o índice de consistência, obtido através da NBR 13276 (2016), as misturas foram dosadas com diferentes quantidades de água. Depois de moldadas foram comparadas qualitativamente quanto à fissuração.

Para inserção das fibras, inicialmente, foram incorporadas nas misturas de ambos os solos 0,50% de fibras (em relação à massa de solo). Contudo, a partir dos resultados, observou-se que as argamassas realizadas com solo Tamarana necessitavam de maior teor de adição, uma vez que as fissurações eram reduzidas, porém ainda estavam presentes. Já com o solo Mauá, percebeu-se o contrário, as argamassas com 0,50% de fibras não apresentavam aberturas, sendo possível a dosagem com menor quantidade de fibras.

Sendo assim, para o solo Tamarana foram feitas misturas com adição de 0,50%, 1,00% e 1,25%, e denominadas, TCF050 (P), TCF100 (P) e TCF125 (P), respectivamente. E para a mistura sem fibra, TSF (P). Para o solo Mauá, seguiu-se o mesmo raciocínio, porém por ser

um solo menos argiloso e ser menos susceptível a aparição de fissuras as porcentagens de fibra foram de 0,25% e 0,50%, denominadas MCF025 (P) e MCF050 (P), respectivamente, além da amostra sem incorporação do resíduo, denominada MSF (P). A letra P é denominada para as Misturas Preliminares.

Para cada argamassa foram feitas misturas com diferentes relações de água/solo (a/s). A relação a/s das Misturas Preliminares foi dosada conforme o resultado do índice de consistência, ou seja, os materiais sólidos eram misturados com água manualmente e submetidos ao ensaio. Em função da trabalhabilidade obtida logo após a mistura, a quantidade de água era aumentada ou reduzida.

Buscou-se consistências entre 175 mm a 260 mm, aproximadamente. O primeiro valor foi selecionado de acordo com a DIN 18947 (2013, apud Santos *et al.*, 2014) para argamassa de solo. E o segundo, em conformidade com o parâmetro indicado para argamassas de revestimento cimentício, conforme norma NBR 13276 (2005) apesar de ser uma norma antiga, o valor ainda é usado como parâmetro para diversas pesquisas.

Caso o índice de consistência não apresentasse intervalo de valor significativo, a argamassa era reutilizada, com maior adição de água e submetida novamente ao ensaio de consistência. Posteriormente, eram realizados os ensaios de umidade higroscópica seguindo a norma NBR 6457 (2016).

b) Misturas Definitivas

Dando sequência, foram executadas as Misturas Definitivas, monitorando o desempenho das argamassas nos estados fresco e endurecido. Para tanto, avaliou-se o índice de consistência, por meio dos procedimentos de ensaio previsto na NBR 13276 (2016). E no estado endurecido, as misturas foram avaliadas quanto ao índice de fissuração (IF), adaptando a metodologia proposta por Costa e Guimarães (2019).

Após a análise dos resultados das Misturas Preliminares foi possível encontrar teores de água e de fibra que resultassem uma dosagem mais próxima da ideal, em relação à fissuração, para cada tipo de solo. A metodologia empregada foi baseada em Santos e Faria (2020). Primeiramente os materiais (solo, água e fibra) são pesados conforme a relação a/s e porcentagem de fibra definidos.

Após a determinação da massa dos materiais, as etapas seguintes ocorrem no interior da argamassadeira mecanizada. Inicialmente faz-se a homogeneização do solo e da fibra por 1 minuto, em seguida com o equipamento ainda ligado é feita a introdução gradual da água durante 30 segundos e a homogeneização da argamassa por mais 30 segundos, posteriormente a argamassadeira é desligada e a mistura fica em repouso por 5 minutos, e por fim, realiza-se novamente uma homogeneização de 30 segundos, totalizando um período de 7 minutos e meio.

Após a dosagem da argamassa, foram realizados os ensaios de umidade higroscópica seguindo a NBR 6457 (2016), e o ensaio de índice de consistência prevista na NBR 13276 (2005).

Em seguida, foram feitas as aplicações das argamassas horizontalmente nos blocos cerâmicos, primeiramente os tijolos foram molhados com borrifador, processo que foi realizado apenas para as argamassas definitivas. Posteriormente foi feita a aplicação e a regularização da argamassa no bloco com espessura de 1 cm, medida com auxílio de paquímetro.

Através dos resultados das Misturas Preliminares foram escolhidos os teores de fibras que apresentaram os melhores resultados conforme fissuração. Para o solo de Tamarana foram confeccionadas argamassas sem e com adição de 1,25 e 1,50% de fibra, denominadas TSF (D), TCF125 (D) e TCF150 (D), respectivamente. Já para o solo de Mauá, foram confeccionadas as misturas sem e com incorporação de 0,25% de fibra, denominadas MSF (D) e MCF025 (D), respectivamente. Sendo a letra D, denominada para as Misturas Definitivas.

A argamassa TCF150 (D) até então não havia sido dosada nas Misturas Preliminares, contudo, avaliou-se a sua necessidade considerando que a inserção de 1,25% ainda apresentava fissurações.

3.5 Análise do processo de fissuração

A análise de fissuração nas Misturas Preliminares foi feita de forma visual, sendo avaliada a presença de fissuras ou não, e da verificação da diminuição ou aumento conforme as mudanças dos teores de água e fibra.

Entretanto, nas Misturas Definitivas, a análise de fissuração foi quantificada, através do índice de fissuração, com metodologia não normatizada. Após a moldagem das argamassas nos blocos cerâmicos, foram feitos registros fotográficos frequentes até o vigésimo oitavo dia após o molde.

Os tijolos eram dispostos dentro de uma caixa escura, sem interferência de luz externa, e as imagens eram feitas com a mesma câmera fotográfica e distância de 30 cm amostra, a fim de viabilizar a identificação da qualidade de fissuras na superfície da argamassa. A caixa possuía um orifício que permitia que a lente e o flash da câmera fotográfica captassem e iluminassem a imagem dentro da caixa, que estava ausente de luz externa.

Assim, analisando as imagens, foi possível realizar a quantificação de fissuras com o auxílio de software de desenho assistido por computador, destacando todas as aberturas aparentes. A análise foi baseada em Costa e Guimarães (2019), onde os autores calculavam a relação entre o comprimento total das fissuras em metros, por metro quadrado de argamassa. Contudo, durante o desenvolvimento, foi necessário que o método de estudo fosse modificado, já que algumas das amostras de argamassa de solo apresentavam espessura considerável, sendo inviável uma avaliação linear.

Assim, a fissuração foi medida em metros quadrados, onde através do programa foi possível delimitar as áreas e quantificá-las, resultando em uma relação de metro quadrado de área fissurada por metro quadrado de argamassa, conforme equação 1.

$$IF = \frac{A_F}{A_T} * 100 \quad (1)$$

onde: IF: Índice de fissuração (%);
 A_F : Área fissurada medida em software (m²);
 A_T : Área total do bloco medida em software (m²).

Na figura 2 é possível observar o processo exemplificado de captura de imagem até a quantificação das fissuras.



Figura 2 - Delimitação das fissuras em área (adaptado de Fujita, 2020)

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados desta pesquisa foram divididos em 2 etapas, as caracterizações dos materiais (solos e fibra de poliéster) e a dosagem das argamassas.

4.1 Caracterização dos solos

Os resultados dos ensaios de análise granulométrica, limites de Atterberg e de massa específica dos sólidos, previstos em Materiais e Métodos são expressos na presente seção. A figura 3 exprime os resultados referentes ao ensaio de análise granulométrica para as amostras Tamarana e Mauá.

O solo Tamarana apresenta alta concentração de argilas (cerca de 55%) e uma distribuição granulométrica bem graduada, característica vantajosa em termos de resistência e coesão final da mistura. Porém a carência de material granular pode contribuir para a fissuração, uma vez que a alta coesão proporcionada pelos finos não permite a dissipação das tensões (retração), ocorrendo o surgimento das fissuras nos primeiros minutos após a moldagem.

A curva de distribuição granulométrica ainda evidencia que o solo Mauá não é tão bem distribuído quanto Tamarana, sendo um caso de graduação aberta, já que existe uma grande concentração de partículas na faixa de 0,3 a 0,075 mm (trecho uniforme) e, conseqüentemente, faltam grãos de outros tamanhos como de 0,075 mm a 0,019 mm. Compõe-se majoritariamente de grãos com maiores dimensões (areia fina e média), pouca presença de silte (sendo integralmente composto pela parcela mais fina do silte) e significativa presença de argilas.

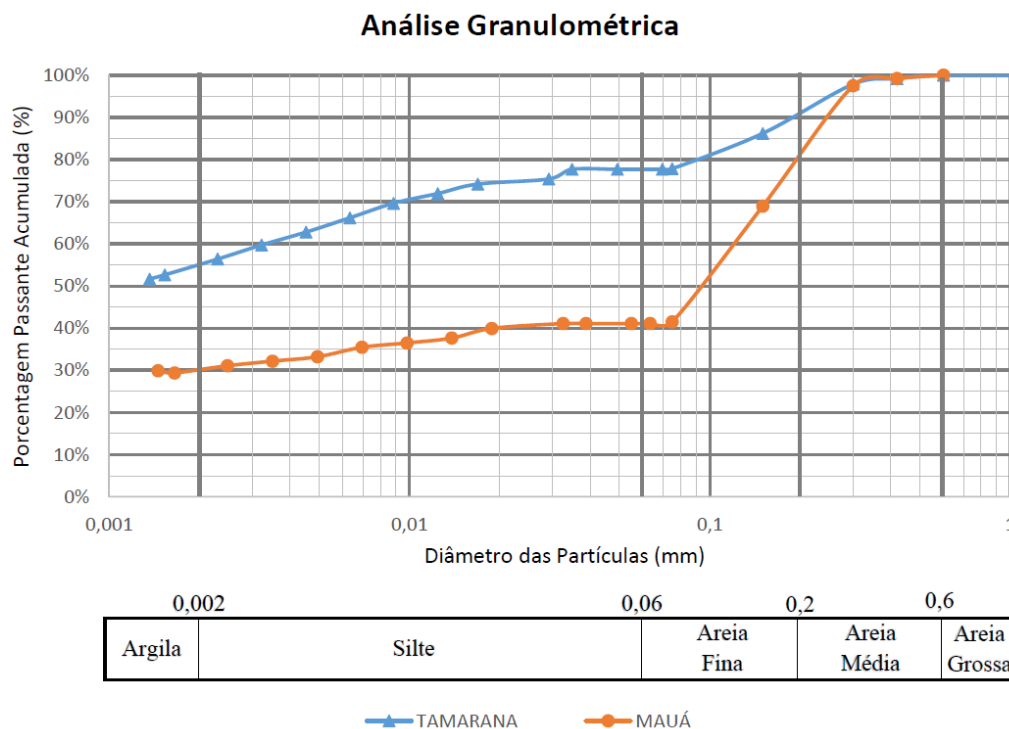


Figura 3 – Curva granulométrica dos solos (Fujita, 2020)

Os ensaios dos limites de Atterberg (LP e LL) do solo Tamarana resultaram os valores de 37,5% e 49,6%, respectivamente, com um índice de plasticidade de 12,1%. Já o solo Mauá, resultou em um LP e LL de 17,5% e 27,4%, respectivamente, conseqüentemente um IP de 9,9%.

Observa-se que o IP apresenta pouca variação, ou seja, ambos os solos se mantêm no estado plástico em um curto intervalo de umidade. Contudo, o solo Mauá se torna plástico para um menor teor de umidade, esse fator contribui para a trabalhabilidade de argamassas com este solo. Já o solo de Tamarana necessita de uma maior incorporação de água para se tornar plástico, podendo ser desfavorável, já que quanto mais água na argamassa, maior será a retração por secagem.

Baseando-se na análise granulométrica e nos limites de Atterberg, utilizando o Sistema Unificado de Classificação dos Solos (SUCS) o solo Tamarana foi classificado como CL (argila pouco plástica) e o solo Mauá como SC (areia argilosa).

O ensaio de massa específica dos sólidos resultou para os solos Tamarana e Mauá os valores de 2,776 g/cm³ e 2,706 g/cm³, respectivamente. Os valores obtidos estão dentro do intervalo típicos para rochas do tipo basalto (aproximadamente 3,0 g/cm³) e arenitos (aproximadamente 2,5 g/cm³) encontradas na região transitória.

4.2 Caracterização da fibra de poliéster

O resultado do ensaio de densidade da fibra de poliéster resultou no valor de 1,451 g/cm³. Através da pesquisa de Sousa *et al.* (2019), foi definida a porcentagem inicial de fibras em relação ao solo de 0,50%, tomando como base, aproximadamente, a média de valores de adição de fibras de poliéster na argamassa convencional utilizadas pelos autores.

O valor de 0,50% também se encontra no intervalo das porcentagens de adição de fibras das argamassas de terra vistas em Eires *et al.* (2014) e Gomes *et al.* (2012) que apresentavam densidades de fibras equivalentes ao 1,451 g/cm³ obtido. Os ensaios preliminares deram início com essa porcentagem de incorporação do resíduo, sendo posteriormente modificada conforme a resposta de cada uma das argamassas.

Além da obtenção da densidade da fibra, foram feitas verificações visuais. Por meio da análise microscópica das fibras de poliéster, possibilitando sua observação em detalhes. Observou-se que as fibras são compostas por micro fios que apresentam superfície lisa, sem rugosidade superficial e espessura na ordem de 0,03 mm.

4.3 Dosagem das argamassas de solo

A dosagem das argamassas foi dividida em 2 etapas, já descritas em Materiais e Métodos, as Misturas Preliminares e as Misturas Definitivas. A tabela 1 exprime as informações e resultados de cada uma das argamassas formuladas.

A primeira observação que pode ser feita é com relação as duas metodologias de misturas utilizadas, uma vez que os resultados das Misturas Preliminares apresentam algumas divergências, já que o aumento de fibra deveria resultar em um IC menor, porém essa alegação não é verificada. Se considerarmos, por exemplo, as misturas TSF (P) – 1 e a TCF050 (P) – 1, a primeira não apresenta adição de fibra, teoricamente a argamassa apresentaria uma consistência mais alta em relação a argamassa com adição de 0,5% de fibra, visto que sua relação a/s é menor, porém na prática essa relação não acontece.

Tabela 1 –Misturas Preliminares e Misturas Definitivas das argamassas de solo (adaptado de Fujita, 2020)

Mistura	Traço			Índice de consistência IC (mm)	Índice de fissuração IF (%)
	Solo	Fibra	Relação água/solo a/s		
TSF (P) - 1	1	0	0,463	166,88	-
TSF (P) - 2	1	0	0,501	189,97	-
TSF (P) - 3	1	0	0,527	207,05	-
TSF (P) - 4	1	0	0,589	242,42	-
TSF (P) - 5	1	0	0,625	273,12	-
TCF050 (P) - 1	1	0,0050	0,371	182,70	-
TCF050 (P) - 2	1	0,0050	0,404	226,08	-
TCF050 (P) - 3	1	0,0050	0,414	246,00	-
TCF050 (P) - 4	1	0,0050	0,476	256,12	-
TCF100 (P) - 1	1	0,0100	0,396	181,17	-
TCF100 (P) - 2	1	0,0100	0,413	203,13	-
TCF100 (P) - 3	1	0,0100	0,445	234,00	-
TCF100 (P) - 4	1	0,0100	0,506	265,82	-
TCF125 (P) - 1	1	0,0125	0,389	181,40	-
TCF125 (P) - 2	1	0,0125	0,407	202,28	-
TCF125 (P) - 3	1	0,0125	0,437	230,67	-

TCF125 (P) - 4	1	0,0125	0,481	255,05	-
MSF (P) - 1	1	0	0,322	185,97	-
MSF (P) - 2	1	0	0,366	206,52	-
MSF (P) - 3	1	0	0,396	220,32	-
MSF (P) - 4	1	0	0,414	236,68	-
MSF (P) - 5	1	0	0,461	253,43	-
MCF025 (P) - 1	1	0,0025	0,245	182,97	-
MCF025 (P) - 2	1	0,0025	0,256	214,68	-
MCF025 (P) - 3	1	0,0025	0,26	230,87	-
MCF025 (P) - 4	1	0,0025	0,267	261,88	-
MCF050 (P) - 1	1	0,0050	0,252	185,00	-
MCF050 (P) - 2	1	0,0050	0,255	199,70	-
MCF050 (P) - 3	1	0,0050	0,259	235,42	-
MCF050 (P) - 4	1	0,0050	0,263	257,97	-
TSF (D) - 1	1	0	0,341	182,33	3,99
TSF (D) - 2	1	0	0,384	251,33	3,64
TSF (D) - 3	1	0	0,391	264,67	2,99
TSF (D) - 4	1	0	0,417	286,33	2,18
TSF (D) - 5	1	0	0,449	324,33	1,42
TCF125 (D) - 1	1	0,0125	0,389	172,88	1,87
TCF125 (D) - 2	1	0,0125	0,412	196,22	0,69
TCF125 (D) - 3	1	0,0125	0,438	220,23	0,51
TCF125 (D) - 4	1	0,0125	0,474	245,52	0,15
TCF125 (D) - 5	1	0,0125	0,504	266,52	0,06
TCF150 (D) - 1	1	0,0150	0,381	162,58	1,29
TCF150 (D) - 2	1	0,0150	0,422	184,05	0,12
TCF150 (D) - 3	1	0,0150	0,439	203,40	0,05
TCF150 (D) - 4	1	0,0150	0,468	217,13	0,01
TCF150 (D) - 5	1	0,0150	0,502	229,98	0
MSF (D) - 1	1	0	0,223	229,28	0
MSF (D) - 2	1	0	0,232	246,63	0
MSF (D) - 3	1	0	0,243	271,42	0
MCF025 (D) - 1	1	0,0025	0,235	178,88	0
MCF025 (D) - 2	1	0,0025	0,251	230,70	0
MCF025 (D) - 3	1	0,0025	0,258	274,65	0

Além dos índices de consistência, as fissurações apresentaram incompatibilidades em relação ao índice de fissuração realizado para as Misturas Definitivas, principalmente nas amostras executadas com o solo Mauá sem adição de fibras, uma vez que a análise qualitativa dos ensaios preliminares se observou relativa presença de fissuras, enquanto nas definitivas, as argamassas compostas pelo solo mais arenoso, não apresentaram fissuração aparente, observado na figura 4.

Apesar das irregularidades, através da análise dos resultados das Misturas Preliminares foi possível encontrar porcentagens de água e fibra mais aproximadas ao ideal, em relação a análise qualitativa de fissuração. Ambos os solos apresentaram comportamentos demasiadamente diferentes, as argamassas com o solo Tamarana apresentaram melhores resultados conforme o aumento de fibras necessitando de teores de fibra mais elevados (em torno de 1,25%). Já com o solo Mauá, as fissurações foram contidas com apenas 0,25% de fibras, indicando que os solos argilosos fissuram mais, devido à falta de areia em sua composição. Verificou-se também a relação análoga entre a quantidade de água necessária na mistura com os limites de Atterberg de cada solo.

A figura 4 apresenta as amostras das Misturas Definitivas, a delimitação das fissuras aparentes quando da sua existência e suas respectivas siglas.

Em relação às Misturas Definitivas, é possível observar que a amostra TSF (D) - 5 apresenta IC bastante elevado, de 324,33mm, em relação ao previamente estabelecido de 260 mm, isso se deu ao fator água/solo baseado nas Misturas Preliminares, onde a quantidade de acréscimo de água aproximado resultou em um IC abaixo de 175 mm, já se esperava uma consistência mais elevada nas Misturas Definitivas, pela melhor homogeneização. Assim, os valores de a/s não se basearam nas argamassas TSF (P), notou-se um valor elevado de consistência e, a partir disso, foram dosados valores inferiores.

Observou-se que a argamassa TSF (D) - 1 apresentou menor quantidade de fissuras, porém sua abertura é consideravelmente maior em comparação a TSF (D) - 5. Durante a execução de TSF (D) - 5 foi possível perceber a liquidez da mistura, demonstrando problemas na aplicação.



Figura 4 – Amostras das Misturas Definitivas (adaptado de Fujita, 2020)

Analisando os resultados das Misturas Definitivas, preparadas com o solo Tanarana (argila pouco plástica), foi necessário incorporar 1,50% de fibras têxteis, e uma relação a/s aproximada ao limite de liquidez do solo, para obtenção de uma mistura com IF nulo. Observa-se a melhoria da argamassa conforme o aumento da porcentagem de incorporação de fibras e o aumento do fator água/solo.

Já aquelas preparadas com o solo Mauá (MSF e MCF025) não apresentaram fissuração, ou seja, no quesito fissuração, não existe tantas melhorias a serem feitas, assim, se faz necessário avaliar outras propriedades para as argamassas moldadas com esse solo.

O acompanhamento das Misturas Definitivas aplicadas nos tijolos foi realizado até o vigésimo oitavo dia após sua aplicação. Porém para todas as argamassas moldadas, as fissuras não progrediram significativamente com o passar do tempo, evidenciando que uma vez que as primeiras fissuras se formam, as tensões se dissipam de forma bastante rápida. Este fato pode estar relacionado com o já conhecido fenômeno de retração plástica em argamassas cimentícias que ocorre quando o material ainda está fresco, não apresentando resistência suficiente para suportar as tensões geradas no processo de secagem.

A figura 5 exibe os resultados de fator água/solo e índice de consistência de todas as argamassas definitivas, facilitando a comparação entre elas, verifica-se que ambos os solos apresentam fatores a/s em conformidade com seus respectivos limites de Atterberg.

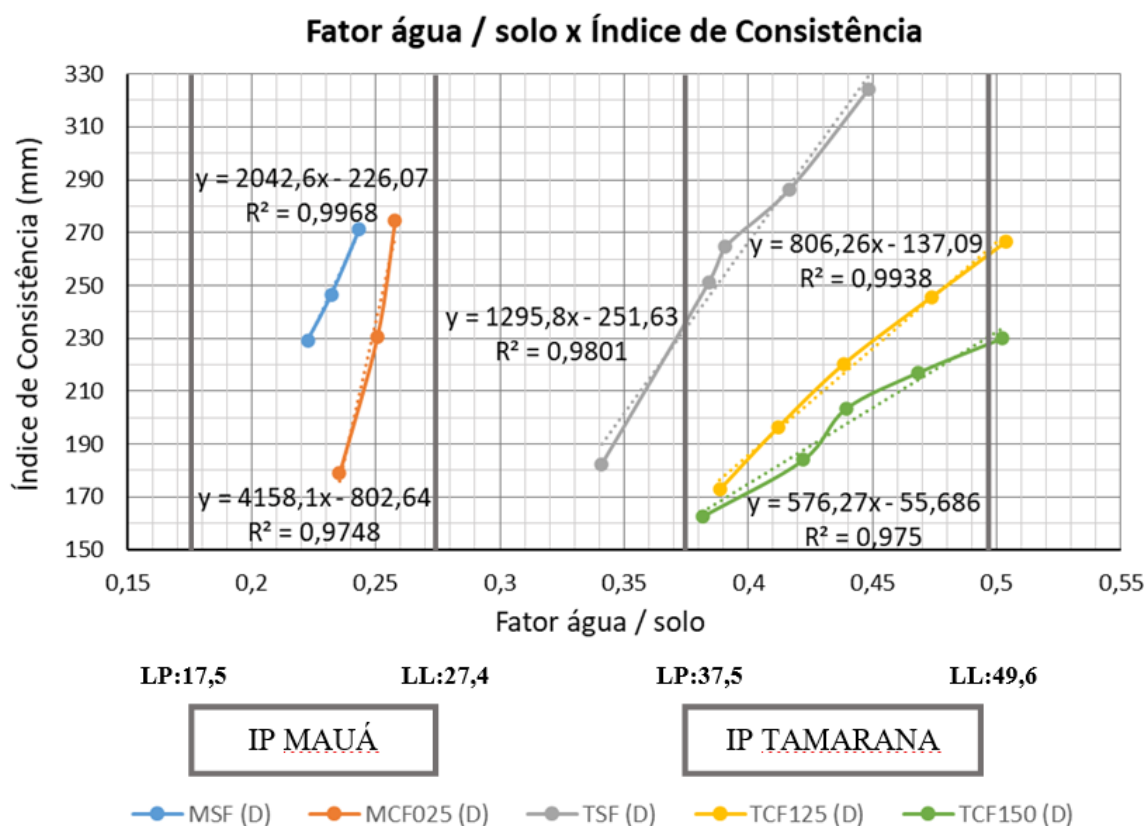


Figura 5 – Relação de fator a/s e índice de consistência das Misturas Definitivas (Fujita, 2020)

Verifica-se que a correlação linear (R^2) considerando fator a/s e IC, para as argamassas avaliadas, superou 97%, indicando boa aderência dos pontos a reta interpolada. As argamassas com solo arenoso, Mauá, apresentam maior sensibilidade no índice de consistência ao se variar a relação água/solo. Já nas argamassas com solo argiloso, Tamarana, pode-se variar a relação água/solo sem que ocorram variações significativas no índice de consistência.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na presente pesquisa, buscou-se encontrar argamassas de terra com dosagens de água e fibra com os melhores resultados quanto a sua consistência e fissuração. Foram elaboradas argamassas com diferentes porcentagens de água e fibra para ambos os solos, sendo possível a avaliação do melhor teor de cada um.

As argamassas com o solo Tamarana apresentaram menor desempenho quanto a fissuração, necessitando de 1,5% de adição de fibras, enquanto com o solo Mauá não houve a necessidade dessa incorporação, uma vez que apresenta maior quantidade de material arenoso em sua composição. As misturas realizadas com ambos os solos necessitaram de um acréscimo de água próximas ao intervalo dos limites de Atterberg para que apresentassem boa consistência. Quanto a aplicação, observou-se dificuldade no espalhamento e na regularização do bloco nas argamassas com o mais alto teor de fibra (1,50%), além disso, nota-se que, para valores elevados de fator a/s, a água não era bem incorporada a mistura.

A adição de fibra de poliéster se mostrou vantajosa no combate a fissuração em ambas as argamassas. Salienta-se que inserção de fibra de poliéster em teores superiores a 1,5% pode conduzir a resultados desfavoráveis, uma vez que as fibras em excesso geram conglomerados mais suscetíveis a fissuração. Ainda, existem evidências de que as fibras contribuíram para aderência ao substrato, contudo tal observação ainda deve ser comprovada.

Durante o processo de dosagens das argamassas de solo argiloso, notou-se que as argamassas não fissuravam com a maior quantidade de água, justificada pela retração. Foram as misturas com menor fator a/s que apresentaram maior fissuração com relação as demais. Acredita-se que a pouca quantidade de água não permitia a boa homogeneização das fibras na mistura, sendo assim, algumas áreas ficavam com ausência de fibras.

Outra observação foi a alteração dos resultados com a melhoria na metodologia, no processo de homogeneização e umidificação dos tijolos. A homogeneização manual é irregular, assim, as fibras não são bem distribuídas, em comparação a mistura na argamassadeira, já o processo de umidificação do bloco auxilia na menor perda de água por absorção do substrato, contribuindo para uma perda de umidade mais lenta.

Por fim, salienta-se que, adicionalmente a este estudo, as propriedades mecânicas e hidráulicas devem ser verificadas buscando viabilizar o emprego destes materiais na construção civil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- COSTA, G. C. F.; GUIMARÃES, P. A. (2019). Avaliação da retração de argamassas de revestimento com adição de fibras de polipropileno. Trabalho de Conclusão de Curso (Obtenção de grau em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Paraná.
- DIN 18947 (2018). Earth plasters – Requirements, test and labelling. German National Standard
- EIRES, R.; CARDOSO, C. J. L.; CAMÕES, A. (2014). Argamassas de terra e cal reforçadas com fibras naturais. [s. l.].
- FARIA, P. (1999). Problemática dos revestimentos de paredes em construções de terra crua. [s. l.].
- FARIA, P.; LIMA, J. (2018). Rebocos de terra. 1. ed. Portugal, Europa: Argumentum.
- FIGUEIREDO, A. D. (2011). Concreto reforçado com fibras. Tese (Livre-docência na Escola Politécnica) - Universidade de São Paulo.
- FUJITA, N. A. (2020). Estudo da dosagem de argamassa camada única de solo com adição de fibra de poliéster: avaliação da consistência e fissuração. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Apucarana.
- GOMES, M. I.; GONÇALVES, T.D.; FARIA, P. (2012). Análise experimental de argamassas de terra com cais e fibras naturais. [s. l.].
- MINEROPAR (2006). Serviço Geológico do Paraná. Carta Geológica da Folha de Londrina. Disponível em: <<http://www.iat.pr.gov.br/Pagina/Mapeamento-Geologico>>. Acesso em: 24 mar. 2021.
- NABAIS, J. M. A. (2015). Avaliação da aderência ao suporte de rebocos de terra. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Ciência e Tecnologia, Universidade Nova Lisboa, Lisboa.

- NBR 13276 (2005). Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- NBR 6457 (2016). Amostra de solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas..
- NBR 6458 (2016). Grãos de pedregulho retidos na peneira de abertura 4,8 mm — Determinação da massa específica, da massa específica aparente e da absorção de água. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- NBR 6459 (2016). Determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- NBR 7180 (2016). Solo – Determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- NBR 7181 (2016). Solo – Análise granulométrica. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- PN-EN ISO 1183-1 (2004). Plastics - Methods for determining the density of non-cellular plastics - Part 1: Immersion method, liquid pycnometer method and titration method. International Organization for Standardization.
- SANTOS, T. R. A. (2014). Argamassas de terra para rebocos interiores. Ensaios de caracterização e influência da formulação. 2014. Dissertação (Mestrado de Engenharia Civil) – Faculdade de Ciência e Tecnologia, Universidade Nova Lisboa, Lisboa.
- SANTOS, T.; FARIA, P.; SILVA, V. (2014). Caracterização de argamassa pré-doseada de terra. In: Simpósio de Argamassas e Soluções Térmicas de Revestimento, 1, p.cd. Argamassas, Coimbra.
- SANTOS, T; FARIA, P. (2020). Characterization of earthen plasters Influence of formulation and experimental methods. Gremium, n. 14, Cidade do México, p.151-168.
- SIQUEIRA, J. E. L. (2006). Utilização de fibras naturais e sintéticas em argamassas de revestimento de alvenaria: estudo comparativo de desempenho. Dissertação (Mestrado de Engenharia Civil) – Programa de pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- SNIC – Sindicato Nacional da Indústria do Comento (2019) Relatório Anual 2019. Disponível em: <http://snic.org.br/assets/pdf/relatorio_anual/rel_anual_2019.pdf>. Acesso em 02 fev. 2021.
- SOUSA, L. F; SANTOS JUNIOR, A. G.; SANTOS, M. L. L. O. (2019). Avaliação do desempenho de argamassas cimentícias reforçadas com fibras de poliéster. Brazilian Applied Science Review, n. 6, Curitiba, p. 2565-2576, 2019.

AUTORES

Natália Arissa Fujita, bacharela em engenharia civil pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Apucarana.

Augusto Montor de Freitas Luiz, mestre em engenharia civil; engenheiro civil; professor do magistério superior do curso de Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Apucarana. (Currículo completo em <http://lattes.cnpq.br/7522619743256382>)

Sarah Honorato Lopes da Silva, mestre em engenharia civil; especialista em docência do ensino superior; engenheira civil, professora do magistério superior do curso de Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Apucarana. (Currículo completo em <http://lattes.cnpq.br/7417432384879777>)

A TÉCNICA DE APLICAÇÃO DA ARGAMASSA DE SOLO-CIMENTO E SUA INFLUÊNCIA NO REVESTIMENTO DE CONSTRUÇÕES COM TERRA

Lucas Machado Bergamaschi¹; Ana Paula da Silva Milani²

¹Acadêmico do Curso de Engenharia Civil da UFMS – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil, lucas1mb@hotmail.com

² Professora da Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo e Geografia da UFMS, Brasil, ana.milani@ufms.com

Palavras-chave: estabilização, alvenaria, reboco

Resumo

Apesar do crescimento do uso do solo-cimento como material de construção, não há especificação técnica suficiente para estabelecer parâmetros de consumo do produto a níveis de mercado no que se trata às argamassas à base de solo estabilizada a serem aplicadas para revestimento de construções com terra. Assim, o estudo teve como objetivo analisar a influência das técnicas de aplicação da argamassa de solo-cimento no desempenho físico-mecânico do revestimento de paredes de alvenaria de blocos de terra comprimida (BTC). Para isso, foi realizado um estudo de dosagem das argamassas de solo-cimento e sua aplicação como revestimento de reboco de terra estabilizada à vista em mini-painéis de alvenaria de BTC. As técnicas de aplicação dessas argamassas seguiram os seguintes processos de execução: três espessuras (1 cm, 2 cm e 3 cm) com a técnica de acabamento liso por talocha metálica; e após aplicação dos rebocos de argamassa de solo-cimento na parede, foram realizados nestes revestimentos o ensaio de determinação de resistência de aderência à tração. Argamassas de solo-cimento com solo arenoso, aditivo químico e fibras são recomendadas para uso em revestimentos internos numa espessura de 1 cm. Espessuras superiores não se mostraram suficientemente adequadas para atender os requisitos de revestimentos de paredes de terra.

1 INTRODUÇÃO

Segundo Faria e Lima (2018), argamassas de terra oferecem vantagens devido ao fato de serem higroscópicas, isto é, tem a capacidade de captar, reter e liberar vapor de água presente no ambiente envolvente, propiciando maior conforto térmico no ambiente construído. Entretanto, não existem especificações técnicas suficientes para estabelecer parâmetros para ampla utilização deste material como revestimento, por exemplo.

Argamassas de terra possuem grande potencial para se tornarem cada vez mais comuns em nosso cotidiano. Ferreira e Júnior (2011) afirmam que argamassas de solo-cimento de traço 1:6 (cimento:solo) atingem valores semelhantes para resistência de aderência na flexão quando comparadas a uma argamassa usual com cal. Além disso, Reddy e Gupta (2006) concluíram que esse tipo de argamassa é mais sensível a alterações na quantidade de cimento no que diz respeito a sua resistência à compressão, sendo capazes de ter sua resistência elevada consideravelmente com aumento marginal da quantidade de cimento.

O solo, como componente natural abundante e heterogêneo dependendo do local, pode ser estabilizado com cimento para que seu desempenho, no que diz respeito a aplicações construtivas, seja melhorado. Estudos de Milani e Dias (2018) mostram que há boa compatibilidade físico-mecânica entre argamassas de revestimento de solo-cimento e construções com terra, não apresentando problemas significativos de ruptura da interface ou suscetibilidade a fissuração. Com isso, é viável um estudo de técnicas de aplicação deste tipo de argamassa, abrangendo espessuras distintas a fim de encontrar parâmetros mais indicados para a difusão do uso do solo-cimento como revestimento a nível de mercado.

Sendo assim, a pesquisa estudou o desempenho físico-mecânico de revestimentos de solo-cimento em paredes de alvenaria de bloco de terra comprimida (BTC), buscando a melhor eficiência entre as combinações de dosagem, tipo de solo, trabalhabilidade e espessura do revestimento.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Estudo de dosagem

Foram utilizados dois solos distintos oriundos de jazidas de Campo Grande (MS), classificados um como arenoso e outro como argiloso, com o objetivo de observar a influência de cada tipo de distribuição granulométrica frente às diferentes combinações do estudo de dosagem e obter parâmetros com maior abrangência como resultado final.

O solo arenoso foi classificado, segundo critérios da AASHTO, como A2-4, apresentando composição granulométrica de 66% de areia, 34% de argila e silte, massa específica dos sólidos $2,14 \text{ g/cm}^3$ e classificação não plástica (NP). Já o solo argiloso foi classificado como A-7-5, com 27% de areia, 20% de silte e 53% de argila; e índices físicos nos valores de $3,77 \text{ g/cm}^3$ para massa específica dos sólidos, de 55% para limite de liquidez e de 31% para limite de plasticidade.

As argamassas de solo-cimento foram executadas com cimento CII Z 32 e as dosagens aplicadas foram os traços de 1:4 e 1:6 (cimento:solo, em massa). Esta dosagem foi baseada nos estudos realizados por Milani e Dias (2016), visto que estes traços alcançaram valores mínimos de resistência a compressão simples de 4 MPa e capacidade de retenção de água acima de 75%.

Para a determinação da quantidade de água ideal, cada traço de argamassa foi sendo adicionado de água e testada in loco – operacionalidade na execução do lançamento da argamassa numa superfície na vertical com colher de pedreiro - até que se obtivesse a consistência ideal. Em seguida, foi realizado o ensaio de Flow Table segundo a norma NBR 13276 (2016), medindo o espalhamento desta argamassa em mesa de adensamento.

Para avaliar os efeitos na trabalhabilidade das argamassas, foi adicionado 0,4% de um aditivo químico incorporador de ar à base de resina vegetal em relação à massa de cimento, conforme recomendação do fabricante.

Foi também analisado o efeito da adição de microfibras de polipropileno nas argamassas, pois segundo Dias e Milani (2016a) estas fibras artificiais apresentam resultados mais satisfatórios para evitar fissuração da argamassa de solo-cimento na proporção de 0,3% com relação a massa de cimento. Vale ressaltar que entre os traços com e sem fibras não foram distinguidos em quantidade de água, visto que a microfibra possui baixos valores de absorção de água, não influenciando na quantidade de água adicionada na argamassa.

Exclusivamente para o solo argiloso foi feita a substituição de 30% da quantidade de solo por areia para compensar a quantidade de argila e silte presentes e contribuir na trabalhabilidade da argamassa a partir do melhoramento da distribuição granulométrica da mistura final solo argiloso+areia. Ademais, a substituição contribui para a redução da relação água/cimento utilizada e, conseqüentemente, para o aumento da resistência a compressão da argamassa.

2.2 Ensaios físicos e mecânicos aplicados

Com base nos estudos de Milani e Dias (2018) foram realizados ensaios de retração volumétrica para aprovação ou não da mistura de solo-cimento para argamassa de revestimento. O ensaio foi realizado em painéis metálicos de $30 \times 30 \times 3 \text{ cm}$ conforme figura 1. A argamassa foi preparada em argamassadeira e colocada nos moldes em camada única. Segundo estudo de Milani e Dias (2018), o critério para qualificar argamassas como adequadas para revestimento de paredes de terra é que o índice de retração volumétrica nesse ensaio seja nulo após um período de 48h, ou seja, sem fissuras.

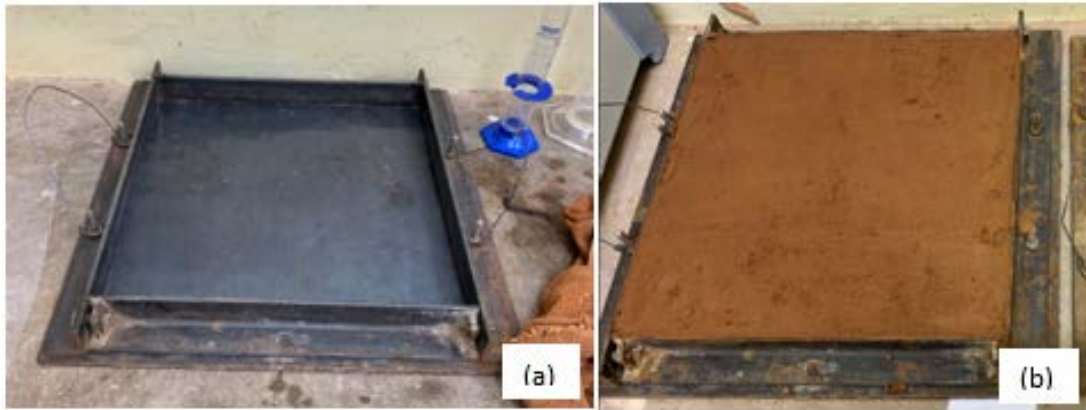


Figura 1. Ensaio de retração volumétrica: (a) molde metálico e (b) argamassa de solo-cimento

Após a definição das dosagens de argamassas adequadas para uso como revestimentos, foram confeccionados para cada mistura 6 corpos de prova prismáticos retangulares $4 \times 4 \times 16 \text{ cm}^3$ e 3 corpos de prova cúbicos de 4 cm^3 (figura 2), e ensaiados respectivamente, a resistência à flexão e à compressão aos 28 dias de idade, segundo a norma NBR 13279 (2005).



Figura 2. Corpos de prova prismáticos e cúbicos: (a) moldagem e (b) desmoldados

2.3 Aplicação das argamassas como revestimento

As argamassas, cujas misturas qualificadas como adequadas para revestimento, foram aplicadas em mini-painéis de blocos vazados de solo-cimento formando área revestida de aproximadamente $50 \text{ cm} \times 40 \text{ cm}$ (figura 3). Os mini-painéis foram umedecidos previamente ao lançamento das argamassas, que foram aplicadas em camada única nas espessuras de 1 cm, 2 cm e 3 cm e realizado desempenho com desempenadeira metálica para acabamento liso (figura 3). Os procedimentos foram feitos em sala fechada e os mini-painéis mantidos no mesmo ambiente durante pelo menos 28 dias. Somente após este período foi aplicado o ensaio de resistência de aderência a tração, segundo NBR 13528 (2019), salvo a utilização de 6 pastilhas por área de revestimento.

O processo de colagem das pastilhas ocorreu segundo as recomendações do fabricante da cola epóxi, que recomenda que a cola deve ser aplicada no mínimo 24h antes de se fazer testes mecânicos cuja cola fará parte da transferência de esforços. As pastilhas foram mantidas pressionadas contra o revestimento por tempo suficiente para a cola chegar a resistência de suportar a pastilha sem que houvesse desprendimento de parte da superfície diminuindo a área de contato.

Após o ensaio de aderência, 3 das 6 pastilhas de cada mini-painel tiveram suas massas aferidas para serem comparadas com suas massas após período em estufa, com o objetivo de se obter sua umidade relativa.



Figura 3. Mini-painéis de blocos vazados de solo-cimento revestidos de argamassa de solo-cimento

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para a dosagem das misturas de argamassa com solo arenoso, intitulado AR, tem-se na tabela 1 a composição (em massa) e suas respectivas aberturas de diâmetro de espalhamento.

Tabela 1. Dosagens da argamassa de solo arenoso-cimento

Traço	Materiais				Flow Table (mm)
	Cimento	Solo arenoso	Aditivo (%)	Água	
1:4 AR	1	4	0	1,20	263,10
1:4 AR	1	4	0,4	1,28	240,05
1:6 AR	1	6	0	1,60	250,87
1:6 AR	1	6	0,4	0,93	225,62

No geral, nota-se que as argamassas de solo arenoso, apesar de possuírem valores de abertura de espalhamento próximos do valor de 255 ± 10 mm recomendado pela NBR 13276 (2016), apresentam trabalhabilidade bem distinta de argamassas comuns de cimento e areia. Essas demonstraram em sua aplicação serem mais difíceis de arremessar, bem como durante a homogeneização manual, mais resistentes ao amassamento quando comparadas com argamassas cimentícias comuns.

Definidas as quantidades de água, as misturas de argamassa com solo arenoso foram ensaiadas para avaliar sua retração volumétrica. Nessa etapa, mostraram-se ideais para servir como revestimento somente os traços com aditivo e fibras, tanto na proporção cimento:solo de 1:4, quanto na proporção de 1:6. Vale destacar que apesar da figura 4b mostrar uma fissura interna no painel, estas costumam ocorrer junto as bordas do molde.

Já as argamassas de solo argiloso diferiram em diversos aspectos em seu comportamento quando comparado com o solo arenoso e mais ainda de argamassas convencionais. Mesmo com adição de aditivo sua consistência e trabalhabilidade não se mostraram ideais. Sua consistência coesa dificultou a utilização das argamassadeiras e fez com que seja necessário fazer um esforço consideravelmente maior para o lançamento da argamassa na parede.

Ademais, as argamassas realizadas com solo argiloso são muito mais instáveis no que diz respeito à relação da água adicionada na mistura e o alcance da adequada consistência para aplicação como revestimento. Diversas vezes a menor quantidade de água adicionada levava a mistura a ficar saturada. O inverso também aconteceu, ao retirar pequena

proporção de água a mistura por vezes se mostrava seca demais para seu uso nos minipainéis.



Figura 4. Argamassa de solo arenoso-cimento: (a) sem fissuração (b) fissura interna

Tais peculiaridades das misturas de argamassa com solo argiloso foram notadas logo nas primeiras argamassadas, que foram realizadas na proporção 1:4 (cimento:solo), sem substituição de areia. Esses fatores levaram a desconsiderar as argamassas com proporção 1:6, sem substituição de areia, feitas com o solo argiloso. Isso se deve ao fato de, ao aumentar a quantidade de solo na mistura, as características do solo tendem a manifestar-se mais intensamente, piorando sua trabalhabilidade, aspecto este essencial para a argamassa de revestimento adequada.

A substituição de 30% do solo por areia melhorou a argamassa significativamente, todavia não suficiente para tornar aproveitável o traço 1:6 com este solo. A areia trouxe para a argamassa com solo argiloso características mais próximas da argamassa com solo arenoso, menos coesa e mais fluida.

Portanto, para o solo argiloso, denominado de AG e o com substituição de areia AG+Areia, tem-se a composição (em massa) e suas respectivas aberturas de diâmetro de espalhamento conforme Tabela 2.

Tabela 2. Dosagem solo argiloso

Traço	Materiais				Flow Table (mm)
	Cimento	Solo argiloso	Aditivo (%)	Água	
1:4 AG	1	4	0	0	2,25
1:4 AG	1	4	0	0,4	1,86
1:4 AG+Areia	1	2,8	1,2	0,4	1,76

Em relação a retração volumétrica, somente as misturas de argamassa com solo argiloso com aditivo e adição de microfibras e de areia apresentaram valor nulo de fissuração, a qual se classificou como adequada para revestimentos.

Assim, após a execução em conjunto dos ensaios de caracterização física das misturas no estado fresco, três dosagens de argamassas foram aprovadas e seguem seus resultados dos ensaios de resistência à tração na compressão e a flexão na tabela 3.

Tabela 3. Resistência a compressão e flexão

Traço	Resistência média (MPa)	
	Compressão	Flexão
1:4 AR	9,93 ± 0,25 (2,57)*	2,55 ± 0,08 (3,26)
1:6 AR	5,30 ± 0,23 (4,48)	1,62 ± 0,09 (5,72)
1:4 AG+Areia	4,07 ± 0,17 (4,27)	1,34 ± 0,09 (6,56)

* ± desvio padrão MPa (coeficiente de variação %)

Observa-se que, nas misturas de argamassa com solo arenoso, o traço com maior quantidade de cimento atingiu maiores valores de resistências e que, quando comparada com a argamassa de solo argiloso, mostraram-se com comportamento mecânico significativamente superior. Este fato já era esperado, devido o cimento ser o melhor agente estabilizador dos solos com distribuição granulométrica em sua maioria na faixa das areias, bem como os argilominerais presentes nos solos argilosos, por serem ativos, acarretam na instabilidade das misturas.

O ensaio de resistência a aderência é influenciado por diversos fatores, sendo verificado durante esta pesquisa os seguintes pontos principais: o ensaio pode faltar coerência com as condições do revestimento de solo-cimento devido ao fato de ser um ensaio programado para caracterização de argamassa cimentícia já aplicada em substratos como chapisco e emboço; para não influenciar no teor de água estabelecido no estudo de dosagem, foi necessário que tanto a execução do revestimento como a permanência dos mini-painéis revestidos ocorresse em ambiente interno, protegidos da incidência da luz direta do sol e de mudanças repentinas de umidade e temperatura. Destaque-se, entre as dificuldades de execução do ensaio, é a realização dos furos com a serra-copo no revestimento a ser ensaiado sem transferir esforços suficientes para romper a região ensaiada, o que muitas vezes no presente estudo foi necessário executar vários furos a mais do previsto para conseguir atingir a quantidade prevista de arrancamentos.

Assim que executados os revestimentos, pode-se notar que nos mini-painéis revestidos com as argamassas de solo argiloso fissuraram de forma expressiva logo nos primeiros dias, piorando com o passar do tempo, como pode-se visualizar na figura 5a e 5b. As fissuras foram mais espessas e profundas no revestimento com 2 cm de espessura (figura 5c). E, portanto, a realização do revestimento de 3 cm de espessura com o traço 1:4 AG+Areia foi descartado.

A NBR 13749 (2013) recomenda que a resistência de aderência à tração para revestimentos internos seja maior que 0,20 MPa em pelo menos 2/3 dos arrancamentos num mesmo revestimento. Devido ao exposto sobre os mini-painéis com revestimentos de argamassa de solo argiloso, não foi atingida a resistência mínima nessa quantidade de arrancamentos, e, portanto, somente os mini-painéis revestidos com a argamassa de solo arenoso foram analisados pelo ensaio de aderência.

O principal problema notado, que refletiu nos baixos valores obtidos para as resistências a aderência à tração, foi o fato de a maioria já estar rompido ou sem aderência logo na pré-tensão do equipamento ou mesmo antes do posicionamento do mesmo. O tipo de ruptura mais observado nos mini-painéis revestidos com argamassa de solo arenoso foi a ruptura na interface argamassa/substrato (figura 6). Vale destacar que em nenhum dos arrancamentos realizados a ruptura ocorreu na interface argamassa/cola ou cola/pastilha, o que elimina a hipótese de a cola ser menos resistente do que o revestimento ou o bloco, ou mesmo de ter havido alguma falha na colagem.

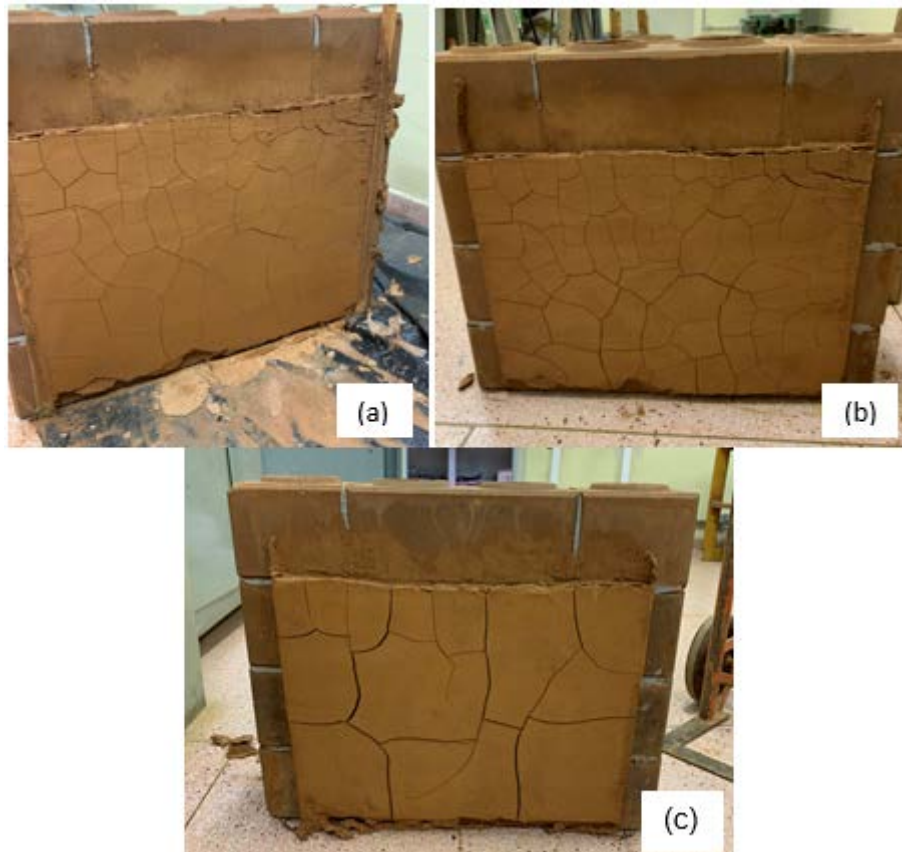


Figura 5. Fissuras no revestimento com argamassa de solo argiloso-cimento: (a) 1 cm de espessura à 2 dias, (b) 1 cm de espessura à 30 dias e (c) 2 cm de espessura em menos de 30 dias



Figura 6. Ruptura interface argamassa/substrato

Apesar de não atingido a quantidade mínima para ser aprovado, o revestimento de 1 cm de espessura com o traço 1:4 de solo arenoso se destacou, apresentando maior quantidade de arrancamentos com resistência superior a 0,20 MPa. Isso corrobora o melhor comportamento físico-mecânico apresentado pela argamassa 1:4AR nos ensaios de resistência à compressão e flexão dos corpos de prova prismáticos.

4 CONCLUSÕES

A partir do exposto, pode-se concluir que a argamassa de solo-cimento com uso de solo arenoso possui potencial para ser utilizada como revestimento. A proporção de 1:4 (cimento:solo) é a mais recomendada por atingir valores adequados de resistências físico-mecânicas. Ademais, o aditivo químico mostra-se útil para melhorar a trabalhabilidade de

argamassas de solo no estado fresco. Tem-se ainda que a adição de fibras é essencial para conter a fissuração de revestimentos com o uso de solo.

Acerca da influência das espessuras do revestimento, as argamassas de solo-cimento com espessuras de 2 cm e 3 cm mostraram maior dificuldade de aplicação e aderência no parede de alvenaria de solo-cimento. Com isso, recomendam-se revestimentos feitos de argamassa de solo-cimento com cerca de 1 cm de espessura para ambientes internos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Dias, Flávia Gaspar Rangel; Milani, Ana Paula Silva (2016a). Argamassa de solo-cimento para reabilitação de revestimento de construções com terra. Congresso Brasileiro de Patologia das Construções, Belém, Brasil.

Dias, Flávia Gaspar Rangel; Milani, Ana Paula Silva (2016b). Estudo de argamassa de solo-cimento para revestimento de paredes. Relatório de Iniciação Científica. Campo Grande: Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

Faria, Paulina; Lima, José. (2018). Rebocos de terra. Cadernos de construção com terra, 3. Lisboa: Argumentum.

Ferreira, Gisleiva C. dos S.; Júnior, Armando L. Moreno (2011). Cola à base de PVA e argamassa de solo-cimento como alternativas para assentamento de alvenaria de tijolos maciços de solo-cimento. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.31, n.2, p.237-248, mar./abr.

Milani, A. P. S.; Dias, F. G. R. (2018). Parâmetros de desempenho físico-mecânico das argamassas de solo-cimento para revestimento de construções com terra. Revista Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 18, p. 539-551, abr./jun. 2018.

NBR 13276 (2016). Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação do índice de consistência. Brasil, Associação Brasileira De Normas Técnicas

NBR 13277 (2005). Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da retenção de água. Brasil: Associação Brasileira De Normas Técnicas

NBR 13279 (2005). Argamassa para assentamento de paredes e tetos - Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Brasil: Associação Brasileira De Normas Técnicas

NBR 13281 (2005). Argamassa para assentamentos e revestimento de paredes e tetos – Requisitos. Brasil: Associação Brasileira De Normas Técnicas

NBR 13528 (2010). Revestimento de paredes de argamassas inorgânicas – Determinação da resistência de aderência à tração. Brasil: Associação Brasileira De Normas Técnicas

NBR 13749 (2013). Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Especificação Brasil: Associação Brasileira De Normas Técnicas

Reddy, B. V. Venkatarama; Gupta, Ajay (2006). Strength and elastic properties of stabilized mud block masonry using cement-soil mortars. Journal of Materials in Civil Engineering. Estados Unidos, p. 472-476, maio/jun.

AUTORES

Lucas Machado Bergamaschi, acadêmico em Engenharia Civil na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS.

Ana Paula da Silva Milani, doutora em construções rurais e ambiência, professora associada da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS atuando no Programa de Pós-Graduação em Eficiência Energética e Sustentabilidade, membro da Rede PROTERRA e da Rede TerraBrasil; coordenadora da Comissão de Estudos de Construções com terra da ABNT.

SABERES DA TERRA: TESTES EXPEDITOS, UTILIZAÇÃO E ESTABILIZAÇÃO DA TERRA NA ARQUITETURA

Mateus de Carvalho Martins¹; Lucas Faria de Andrade²

Universidade Federal de São João del-Rei

¹mtcvmt@yahoo.com.br; ²lucasfariadeandrade@hotmail.com

Palavras-chave: bioconstrução, sustentabilidade, permacultura, patrimônio, autoconstrução.

Resumo

A terra, utilizada na arquitetura e construção há séculos, é abundante na Natureza e faz parte do patrimônio material e cultural da região de São João del-Rei. Entretanto, amostras de terra podem possuir limitações que são contornadas, a partir da estabilização, por meio da correção granulométrica ou adição de produtos naturais ou químicos, e, com testes expeditos, de fácil execução, podem-se caracterizar os potenciais de cada amostra, assim como a técnica construtiva mais adequada. O presente artigo tem como objetivo apresentar e difundir a possibilidade de construir com terra de forma adequada e segura na região de São João del-Rei. Assim, utilizando material local, possíveis estabilizantes para o solo e testes expeditos adequados para técnicas estudadas, foram catalogadas diferentes amostras de terra, favorecendo e resgatando a técnica de construção, o baixo custo, a autoconstrução e a cultura popular, além de trabalhos realizados com comunidades por meio do Programa Saberes da Terra. Constatou-se que São João del-Rei, além da tradição do uso da terra, tem uma diversidade de solos muito grande e que diferentes técnicas construtivas podem ser executadas com as amostras coletadas, sendo também que os testes expeditos são fundamentais para caracterização rápida de amostras.

1 INTRODUÇÃO

No início do mês de agosto de 2021, foi publicado o mais recente relatório sobre mudanças climáticas do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC). Tal entidade, criada em 1988, pela Organização das Nações Unidas (ONU) e pela Organização Meteorológica Mundial (OMM), reúne globalmente centenas de profissionais para estudar o impacto das mudanças climáticas ao longo dos anos, com o objetivo de monitorar o problema e propor soluções mitigadoras sobre as mudanças climáticas (Conti, 2005). O novo relatório trouxe dados mais alarmantes que qualquer relatório anterior, sobre a influência humana no aquecimento global e nas mudanças climáticas nas últimas décadas. O documento destacou, dentre outras coisas, que a influência humana já foi responsável pela elevação da temperatura do planeta em 1,2°C e a previsão é que ainda seja elevada no mínimo 1,5°C nas próximas duas décadas (IPCC, 2021).

O relatório torna mais óbvio o que já era evidente, a necessidade de minimizar os impactos antropogênicos e a urgência de novas abordagens que possibilitem o desenvolvimento humano aliado à preservação e reabilitação ambiental.

Embora as recentes constatações ambientais sejam alarmantes, a temática do desenvolvimento sustentável é parte importante da agenda política e científica há décadas. O desenvolvimento sustentável foi primeiramente exposto por Brundtland Report, em 1987, reconhecendo fatores que auxiliam nas necessidades do desenvolvimento atual, sem comprometer o atendimento às necessidades das gerações futuras. Nas décadas posteriores, grandes conferências mundiais foram realizadas, como, por exemplo, a Rio'92, no Rio de Janeiro, em 1992, a Rio+10, em Johannesburgo, em 2002, a Rio+20, também na cidade do Rio de Janeiro, em 2012, entre outras. Nessas conferências, protocolos internacionais foram firmados com o objetivo de rever as metas e programar mecanismos para o desenvolvimento sustentável (Barbosa, 2008).

No final da década de 1980 e início da década de 1990, as questões de sustentabilidade chegaram à programação da construção civil, arquitetura e urbanismo de modo incisivo, trazendo novas normas, incitando a pesquisa e debate sobre novas técnicas e inovações ligadas à sustentabilidade.

A construção civil é uma atividade tendencialmente consumidora de recursos e, em muitos casos, com um impacto significativo no ambiente (Canter, 1995). Por exemplo, o cimento começou a ser produzido no Brasil, em escala industrial, a partir de 1926. Na década de 1970, a produção cresceu intensamente, com uma elevação do patamar de 9,8 milhões de toneladas por ano, para 27,2 milhões de toneladas no início dos anos 1980, período em que a recessão da economia nacional provocou queda no consumo.

Inúmeros impactos negativos são gerados pelo setor da construção civil, que responde por 40% do consumo mundial de energia e por 16% da água utilizada no mundo. Segundo dados do Worldwatch Institute, a construção de edifícios consome 40% das pedras e areia utilizados no mundo por ano, além de ser responsável por 25% da extração de madeira anualmente. É inerente que a busca pela sustentabilidade ambiental assuma, gradativamente, uma posição de cada vez mais importância neste cenário da construção civil e da arquitetura e urbanismo, entre outras.

A terra como matéria-prima destaca-se por reduzir a demanda do cimento, minimizar o transporte, possuir alta durabilidade, baixa condutibilidade térmica, dentre outras peculiaridades deste material na arquitetura e na construção civil. O potencial da arquitetura de terra destaca-se por suas vantagens significativas em relação aos métodos construtivos atuais, já que o material, em grande parte dos casos, é reciclável, regula a umidade ambiental, economiza energia e diminui a contaminação ambiental.

Somado às pesquisas com o tema terra, tem-se o Programa Saberes da Terra, sendo um trabalho de extensão com dez anos de atividades na cidade de São João del-Rei e região. O Programa busca resgatar e registrar a utilização da terra na arquitetura, na bioconstrução, por meio dos conceitos da permacultura, além de tentar mostrar para a comunidade a possibilidade da terra como material de baixo custo para utilizações diversas.

2 OBJETIVOS

O presente trabalho tem como objetivo geral apresentar e difundir a construção com terra a partir de uma prática adequada e segura, que utiliza material local. Este, por sua vez, é analisado a partir de testes expeditos que indicam quais técnicas construtivas e agentes estabilizadores são adequados para cada situação.

3 DESENVOLVIMENTO

O tema principal da presente pesquisa é a arquitetura com terra, tendo a arquitetura vernácula e a bioconstrução como possíveis temas abordados no processo da pesquisa e também da extensão realizada em comunidade diversa. A proposta é difundir o uso técnicas e produtos produzidos com terras da região, sem demanda de possíveis queimas e gastos de energias. A proposta também se insere nas técnicas construtivas tradicionais, na tipologia regional e adequada ao ambiente, além de resgatar a cultura popular no patrimônio e na arquitetura.

Essas técnicas, consideradas vernáculas, como, por exemplo, adobe, pau a pique e taipa de pilão, foram implantadas no Brasil pelos portugueses durante a colonização, somadas às formas de construções já existentes e cultivadas pelos povos indígenas, além de outras formas africanas. Cada estado praticou com mais intensidade algumas das técnicas predominantes. Em Minas Gerais, o pau a pique, o adobe, além das tintas de terras, foram as técnicas mais aplicadas nas edificações históricas. Em outros estados, como, por exemplo, São Paulo e Goiás, há predominância da taipa de pilão (Minke, 2015).

Entre as diversas técnicas de terra, as mais comuns na cidade e região de São João del-Rei são o pau a pique, o adobe e a taipa de pilão.

Técnicas de construção tradicionais requerem cuidados especiais na confecção, na execução e também na manutenção, visando a sua durabilidade. Deste modo, em função da diversidade de modalidades de construção com terra e também devido à grande variedade de tipos de solos, esse trabalho apresenta levantamentos das propriedades mais importantes dos solos para sua utilização na construção civil e na arquitetura, mostrando os principais testes expeditos utilizados em campo, de modo a favorecer a cultura popular na forma de construir.

Testes expeditos são análises ágeis e fáceis, buscando resultados com maior rapidez e de baixo custo, ou mesmo sem custo algum. Podem ser análises definitivas ou testes pré-laboratoriais. Assim, relacionado à diversidade de solos e às várias técnicas de construção com terra, é possível identificar formas mais adequadas de utilização e estabilização do solo para determinada técnica construtiva.

Tais testes de campo são importantes para classificar as amostras de terra disponíveis na região, visto que a região de São João del-Rei possui uma composição geológica diversa com uma variedade litológica considerável, abrangendo diversos tipos de formações rochosas e solos (figura 1).

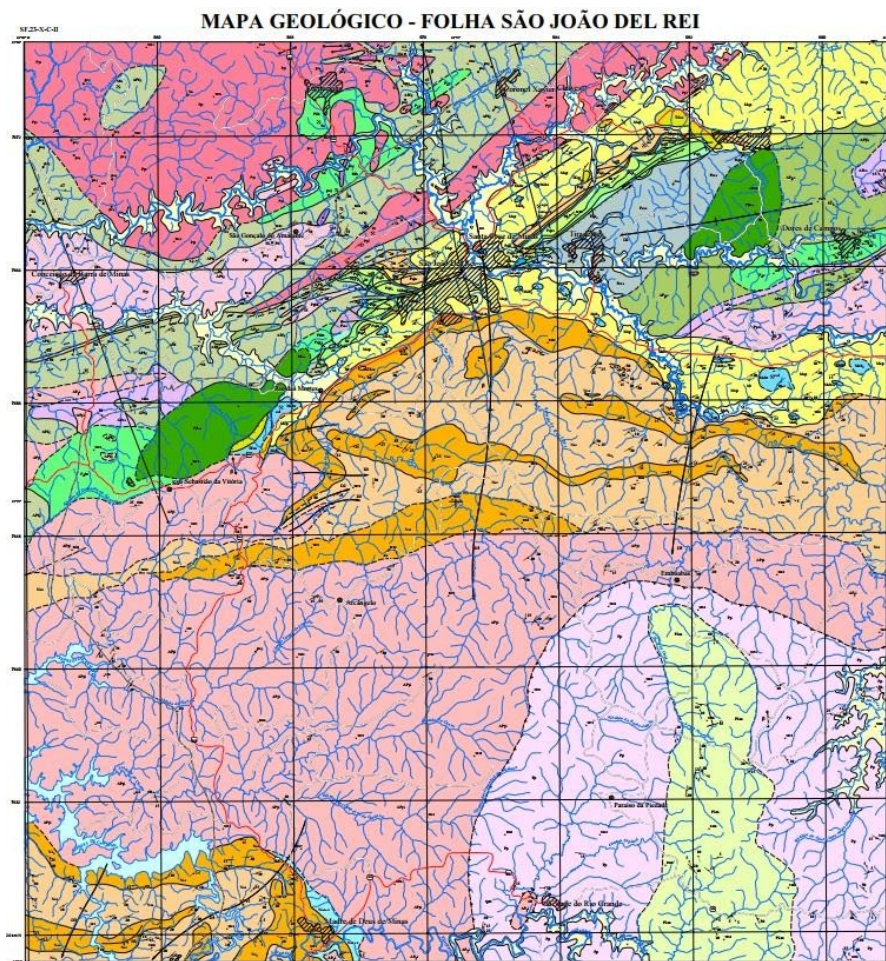


Figura 1: Mapa geológico de São João del-Rei (Ávila *et al.*, 2019)

Na área da Folha São João del-Rei afloram um embasamento pré-2,0Ga e oito seqüências metassedimentares proterozóicas. O embasamento inclui sucessões de tipo greenstone belt com anfibolitos, komatiitos, peridotitos, remanescentes de complexos máficos-ultramáficos, rochas metassedimentares e metavulcânicas. Encaixados nestas sucessões

ocorrem plutons e diques de gabros, dioritos e granitóides paleoproterozóicos. As unidades do embasamento aparecem em faixas íngremes de direção NE-SW, em fácies xisto verde/anfibolito baixo, com foliação principal íngreme, paralela ao rumo das faixas. A deformação principal, atribuída a Orogênese Transamazônica, foi heterogênea de modo que restaram domínios com feições originais ígneas e sedimentares preservadas entre zonas de cisalhamento.

Nas sequências proterozóicas da parte norte da folha, feições originais estão suficientemente bem preservadas possibilitando o reconhecimento de associações de fácies, paleoambientes, discordâncias e sequências deposicionais. Discordâncias intraformacionais permitiram agrupar as sequências em três megassequências. A mais antiga, São João del-Rei, de idade paleoproterozóica, inclui três sequências plataformais (unidades Psjr1, 2, 3) e uma sequência deltáica (unidades Pjsr4, 5 6), constituídas por metarenitos quartzíticos e metapelitos. A Megassequência Carandaí, de idade Mesoproterozóica engloba as sequências Barroso, essencialmente carbonática e Prados metapelítica. A Megassequência Andrelândia, Neoproterozóica, na folha São João del-Rei é representada por paragneisses da unidade Na1+2, filitos cinzentos Na4 e biotita xistos Na5 (Ávila *et al.*, 2019).

4 METODOLOGIA

A pesquisa catalogou e analisou uma parcela dos tipos de solos presentes na microrregião de São João del-Rei. Além disso, por meio de testes expeditos, classificou o material coletado segundo suas capacidades construtivas.

Os locais de coleta foram escolhidos segundo imagens de satélite, que possibilitaram verificar a disponibilidade de terra livre de matéria orgânica, e também, segundo o Mapa geológico de São João del-Rei (Ávila *et al.*, 2019, figura 1), para garantir maior variedade de solos coletados.

As amostras coletadas foram armazenadas e, durante o levantamento de dados, submetidas a testes expeditos seguindo os procedimentos estabelecidos em Neves *et al.* (2010). Posteriormente, com os dados já registrados, as amostras foram classificadas segundo a técnica construtiva adequada para seu uso, assim como foram especificados possíveis estabilizantes para melhorar resistência.

4.1 Definição dos locais de coleta

Inicialmente, foi realizada análise do mapa de solos e recursos minerais de São João del-Rei (figura 1), constatando-se os diferentes tipos de formações rochosas e litologias presentes na região (figura 2). As informações litológicas e de tipo de rocha foram, então, consideradas para posterior análise das imagens de satélite (figura 3).

Dessa forma, foram selecionados 16 locais de coleta, separados em 11 variações litológicas, em locais de abundância de terra. Os locais de acesso restrito foram desconsiderados para local de coleta.

Os locais de amostragem foram registrados com suas coordenadas geográficas, por meio de GPS. Uma breve descrição do local e registros fotográficos foram realizados em cada local de coleta. A tabela 1 apresenta a localização e litologia de cada uma das localidades.

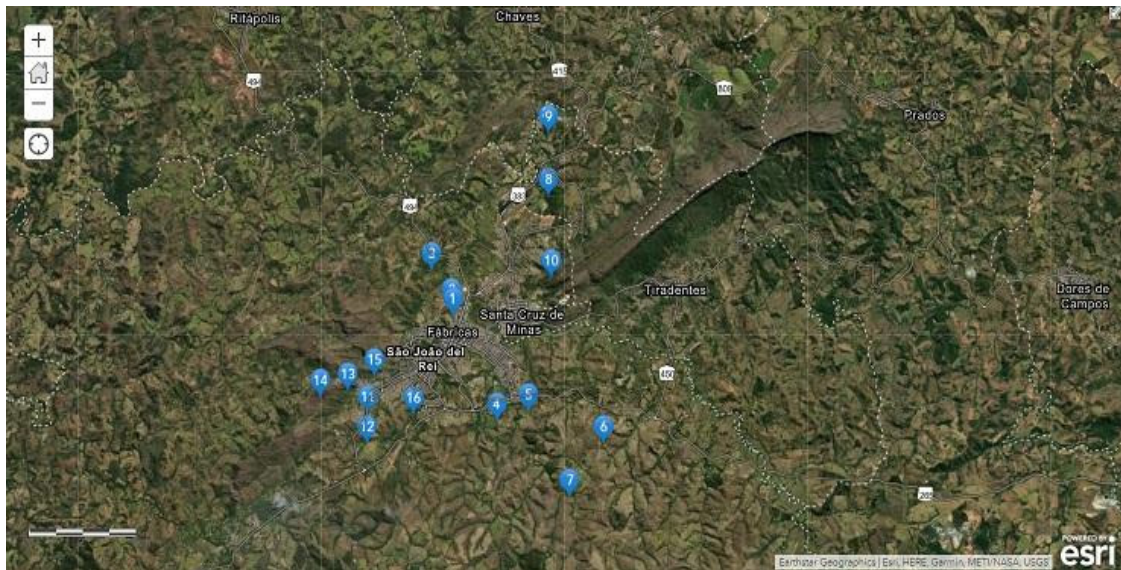


Figura 2: Locais de coleta em imagem aérea de São João del-Rei (adaptado de ArcGIS, 2021)

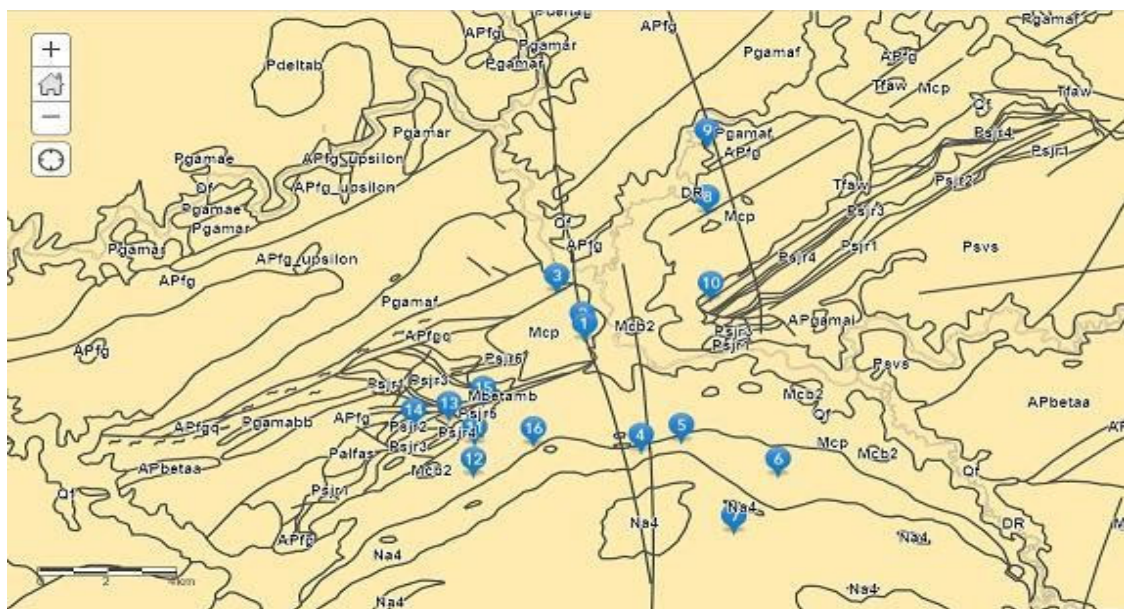


Figura 3: Locais de coleta por tipos de solo em São João del-Rei. (adaptado de Ávila *et al.*, 2019)

Tabela 1. Localização dos locais de coleta e litologia

Nome	Localização	Litologia (Ávila <i>et al.</i> , 2019)
Amostra 1	21°06'55.7"S 44°14'57W	Mcp: Metapelitos(filitos) - Sequência Prados
Amostra 2	21°06'45.8"S 44°14'58.9"W	Mcp: Metapelitos(filitos)
Amostra 3	21°06'05.4"S 44°15'24.7"W	APfg: Faixas <i>Greenstone</i>
Amostra 4	21°08'53.9"S 44°13'59.6"W	Mcp: Metapelitos(filitos)
Amostra 5	21°08'43.4"S 44°13'19.0"W	Na4: Filitos Cinzentos e quartzitos
Amostra 6	21°08'43.4"S 44°13'19.0"W	Na4: Filitos Cinzentos e quartzitos
Amostra 7	21°10'18.5"S 44°12'25.9"W	Na5: Biotita xistos
Amostra 8	21°04'42.0"S 44°12'53.4"W	Mcb2: METalcáreo e calcifilito
Amostra 9	21°03'31.6"S 44°12'53.3"W	Pgamaf: Faixa <i>greenstone</i>
Amostra 10	21°06'13.6"S 44°12'49.7"W	Psjr6: Quartzitos, quartzitos seixosos e metaconglomerados quartzolíticos
Amostra 11	21°08'45.8"S 44°16'47.9"W	Psjr5: Quartzitos finos

Amostra 12	21°09'18.7"S 44°16'48.7"W	Mcp: Metapelitos (filitos)
Amostra 13	21°08'20.1"S 44°17'14.3"W	Mbetamb: Diques de metabasitos
Amostra 14	21°08'27.2"S 44°17'49.1"W	Psjr1: Quartzitos e metaconglomerados
Amostra 15	21°08'04.6"S 44°16'38.8"W	Psjr3: Quartzitos, metapelitos e metacalcários estromatolíticos
Amostra 16	21°08'46.8"S 44°15'48.4"W	Mcp: Metapelitos (filitos)

4.2 Preparação das amostras para os testes

Estando no local de coleta, e para prosseguir com a mesma, foi realizada inicialmente a amostragem seguindo as recomendações de Neves *et al.* (2010). Foram realizadas diferentes escavações de 50 cm de profundidades, para evitar a coleta de solo orgânico, em seguida foram reunidas as diferentes porções de terra do local, misturadas, para assim se retirar a porção necessária para a análise.

Segundo Neves *et al.* (2010), a realização da amostragem dessa forma é importante para que a amostra seja representativa do local de estudo, o que evita imprecisões na testagem e garante maior consistência com a terra que porventura será usada para fins construtivos.

Aproximadamente 5 litros de terra de cada localização foram armazenadas em sacos plásticos transparentes. Após a coleta de todas as 16 amostras, elas foram colocadas para secar em ambiente ventilado por cerca de 3 dias, para evitar a interferência da umidade nos testes táteis-visuais e expeditos.

As amostras foram catalogadas com etiquetas com seus respectivos números, nomes e localização, e armazenadas em recipientes de plástico transparentes hermeticamente fechados, para evitar contaminações.

4.3 Testes táteis-visuais

A primeira série de análises realizada com as amostras coletadas são testes táteis-visuais, que revelam dados sobre o tipo e as características da terra. Estes dados são utilizados para, além da identificação da cor, identificar os aspectos visuais de sua composição granulométrica.

Nesta primeira análise, considera-se a incidência relativa ao tamanho e quantidade das partículas visualmente aparentes, que caracteriza o solo como arenoso/pedregoso ou argiloso/siltoso.

O segundo teste tátil-visual da amostra identifica sua cor de acordo com a tabela de cores Munsell.

As cores da terra são importantes: amostras classificadas como siltosas, por exemplo, consideradas pouco adequadas para a aplicação em técnicas construtivas, podem ser apropriadas e utilizadas para a produção de tintas à base de terra. Além disso, a classificação sistemática para produção de tintas com pigmentos de terra proporciona o incremento do banco de dados das pesquisas relacionadas às tintas de terra, realizadas anteriormente em conjunto com os projetos de extensão Saberes da Terra e Caminhos Sustentáveis.

O terceiro teste tátil-visual, denominado de teste do brilho, consiste em umedecer uma porção da amostra com água, formar uma bola com a mão e em seguida cortá-la ao meio e analisar seu brilho. Caso a superfície seja muito brilhante, a terra é argilosa; no caso de pouco brilho, ela é siltosa; e, se não houver brilho, ela é arenosa (Neves *et al.*, 2010).

O quarto e último teste tátil-visual é o teste do tato, que consiste em analisar a textura da amostra de terra seca com as mãos: caso seja abrasivo, indica a presença de areia; caso cubra as mãos com partículas macias, indica a presença de silte (Neves *et al.*, 2010).

4.4 Outros testes expeditos

Outros testes expeditos tratam de análises ágeis e simplificadas, que não necessitam de equipamento especializado, servindo tanto para análises definitivas quanto para a seleção de amostras para possíveis procedimentos laboratoriais. Dessa forma, a partir destes testes e dos conhecimentos das técnicas construtivas, é possível identificar qual é mais adequada e, quando for o caso, qual estabilizante deve ser agregado à terra, proporcionando o melhor potencial construtivo de cada local de coleta.

Foram realizados mais cinco testes expeditos com base nas orientações contidas em Neves *et al.* (2010).

O primeiro foi o da queda de bola, que classifica a amostra segundo sua propriedade de coesão.

O segundo foi o teste do vidro, o qual tem a função de determinar, empiricamente composição granulométrica.

Em seguida, foi realizado o terceiro teste, que é o do cordão, no qual é avaliada a resistência da terra em um determinado estado de umidade.

O quarto teste, o da fita, avalia a plasticidade da terra conforme sua deformação.

O quinto teste realizado foi o de exsudação, no qual é possível avaliar a plasticidade da amostra de terra, segundo sua capacidade de reter água.

Com os resultados obtidos foi possível classificar as amostras que são apropriadas para cada tipo de solo conforme as técnicas de construção com terra. O teste do vidro também é fundamental para avaliar potenciais misturas entre solos de distintas origens, corrigindo-os granulometricamente para alcançar a composição adequada.

5 RESULTADOS

Os resultados obtidos, apresentados nas tabelas 2, 3 e 4, foram classificados de acordo com as seguintes critérios:

- Testes táteis-visuais, que avaliam a cor, o brilho e a textura e permitem a classificação inicial do tipo da terra;
- Outros testes expeditos, que avaliam a coesão, granulometria, resistência úmida, plasticidade e resistência seca, e permitem, segundo tabelas constantes em Neves *et al.* (2010), classificar e interpretar as técnicas construtivas potencialmente adequadas, assim como os estabilizantes necessários.
- Técnicas construtivas adequadas, identificadas em função dos resultados obtidos nos testes táteis-visuais e demais testes expeditos.
- Estabilizantes adequados, identificados em função dos resultados obtidos nos testes táteis-visuais e outros testes expeditos.

Tabela 2. Testes táteis-visuais

Amostra	Tamanho de partículas	Cor (MUNSELL)	Brilho	Tato	Classificação
Amostra 1	Parte arenosa predominante ainda com presença de partículas finas	Vermelho (MSSC Hue 10R 4/8)	Pouco brilho	Abrasiva com presença de partículas finas	Areia argilo-siltosa
Amostra 2	Predominância de partículas grossas	Amarelo claro (MSSC Huw 10 YR 8/3)	Pouco brilho	Abrasiva com presença de partículas finas	Terra arenosa
Amostra 3	Partículas finas	Amarelo claro (MSSC Hue 2.5Y 8/4)	Pouco brilho	Desagrega e espalha com facilidade	Silte

Amostra 4	Predominância de partículas grossas	Vermelho alaranjado (MSSC Hue 2.5 YR 6/4)	Pouco brilho	Abrasiva com presença de partículas finas	Areia-argilosa
Amostra 5	Partículas finas	Laranja vlaro (MSSC Hue 5 YR 7/6)	Pouco Brilho	Macia produz torrões de fácil desagregação	Silte
Amostra 6	Predominância de partículas grossas	Amarelo-marron acinzentado (MSSC: Hue 10 YR 6/2)	Pouco brilho, opaco	abrasiva	Areia silto-argilosa
Amostra 7	Partículas muito finas, como talco	Amarelo claro (MSSC: Hue 10 YR 8/3)	Pouco briho	Macia produz torrões de fácil desagregação	Terra siltosa
Amostra 8	Presença de partículas finas e arenosas	Vermelho alaranjado (Hue 5 YR 4/3)	Possui brilho	Fina e com abrasão	Argila-arenosa
Amostra 9	Predominância de partículas grossas	Cinza amarelado (MSSC: Hue 5Y 7/3)	Sem brilho	abrasiva	Areia
Amostra 10	Partículas finas	Cinza escuro (Hue 5B 5/1)	Pouco brilho	Pulveriza e possui torrões de fácil desagregação	Silte
Amostra 11	Partículas finas com pequena quantidade de areia e pedregulhos	Amarelo-alaranjado (MSSC: 7.5YR 8/8)	Possui brilho	Pequena abrasão, boa coesão	Terra argilosa
Amostra 12	Predominância de partículas grossas	Laranja avermelhado (Hue 7.5YR 7/3)	Pouco brilho	Abrasiva	Areia argilosa
Amostra 13	Partículas grossas	Laranja claro (MSSC Hue 7.5R 8/3)	Sem brilho	Abrasiva	Areia fina
Amostra 14	Partículas grossas	Cinza (MSSC Hue 7.5YR 4/2)	Pouco brilho	Abrasiva	Areia fina
Amostra 15	Partículas grossas e finas	Amarelo claro (MSSC Hue 10 YR 8/3)	Sem brilho	Abrasiva	Areia fina e silte
Amostra 16	Partículas finas	Vermelho-amarronzado (MSSC Hue 2.5 YR 4/8)	Possui brilho	Macia e pouca desagregação	Terra argilosa

Tabela 3. Outros testes expeditos

Amostra	Queda da bola	Vidro	Cordão	Fita	Exsudação	Resistência seca
Amostra 1	boa coesão sem desagregação	20% areia 0% silte 80% argila	mole/ plasticidade média	curta – 8 cm	lenta	média
Amostra 2	pequena desagregação, pouca coesão	70% areia 20% silte 10% argila	frágil/ baixa plasticidade	não forma fita	rápida	fraca
Amostra 3	sem desagregação, pouca coesão	0% areia 100% silte 0% argila	frágil/ baixa plasticidade	não forma fita	rápida	fraca
Amostra 4	boa coesão sem desagregação	20% areia 0% silte 80% argila	mole/ plasticidade média	curta – 10 cm	muito lenta	grande
Amostra 5	pequena desagregação,	0% areia 90% silte	mole/ plasticidade	curta – 5 cm	lenta	fraca

	pouca coesão	10% argila	média			
Amostra 6	grande desagregação	70% areia 25% silte 5% argila	frágil/ plasticidade baixa	não forma fita	rápida	fraca
Amostra 7	desagregação, pouca coesão	80% areia 15% silte 5% argila	frágil/ plasticidade nula	não forma fita	rápida	fraca
Amostra 8	boa coesão, sem desagregação	40% areia 0% silte 60% argila	mole/ plasticidade média	curta – 7 cm	muito lenta	grande
Amostra 9	grande desagregação	90% areia 10% silte 0% argila Presença de matéria orgânica	frágil/ plasticidade nula	não forma fita	rápida	fraca
Amostra 10	sem desagregação, pouca coesão	0% areia 100% silte 0% argila	frágil/ resistência baixa	não forma fita	nula	fraca
Amostra 11	sem desagregação, boa coesão	20% areia 0% silte 80% argila	mole/ plasticidade média	curta – 5 cm	lenta	media
Amostra 12	sem desagregação, ótima coesão	40% areia 0% silte 60% argila	mole/ plasticidade média	curta	lenta	grande
Amostra 13	Desagregação sem coesão	90% areia 10% silte 0% argila	frágil/ resistência nula	não forma fita	rápida	fraca
Amostra 14	desagregação, sem coesão	90% areia 10% silte 0% argila	frágil/ resistência nula	não forma fita	rápida	fraca
Amostra 15	desagregação, sem coesão	90% areia 10% silte 0% argila	frágil/ resistência nula	não forma fita	rápida	fraca
Amostra 16	sem desagregação, boa coesão	0% areia 0% silte 100% argila	duro/alta plasticidade	grande - 18 cm	nula	grande

Com os resultados obtidos nas testagens foi possível indicar o uso mais adequado para cada amostra de terra, de acordo com suas propriedades construtivas. Além da técnica, foram indicados os agentes estabilizadores de solo recomendados para cada amostra, com o intuito de proporcionar melhor estabilidade, durabilidade e resistência à construção.

Para melhorar a resistência estrutural, é recomendada, em muitas amostras, a correção granulométrica, que pode ser feita com a adição de areia, em solos argilosos, e argila em solos arenosos. Dentre as amostras coletadas, foram identificadas solos argilosos e solos arenosos, indicando que a estabilização por correção granulométrica é naturalmente realizada na região.

Para a indicação das técnicas construtivas, as amostras foram classificadas segundo Neves *et al.* (2010), pelas tabelas adaptadas de CEPED (1984), e também segundo as tabelas adaptadas de CRAterre (1979).

Tabela 4: Classificação das amostras segundo as técnicas indicadas e identificação de estabilizantes

Amostra	Tipo de solo	Técnica construtiva adequada		Agente estabilizante (CRATERRE, 1979)
		CEPED (1994)	CRATERRE (1979)	
Amostra 1	Argilo-arenoso	Terra compactada ou prensada com aglomerante	BTC e taipa de pilão, com aglomerante	Correção granulométrica com areia, impermeabilizante
Amostra 2	Areno-argiloso	BTC, adobe e terra compactada	Apropriada para todos os tipos, particularmente BTC	Cimento Portland, cal, ou os dois combinados
Amostra 3	Siltoso	Apropriada para tinta, pouco apropriada para construção, pode ser usada com aglomerante	Apropriada para tinta em par; adicionar aglomerante e adotar revestimento da superfície	Cimento Portland ou emulsão asfáltica de baixa viscosidade
Amostra 4	Argilo-arenosa	Terra compactada ou BTC com aglomerante	Apropriada para BTC e taipa de pilão, necessita aglomerante	Correção granulométrica com areia, impermeabilizante
Amostra 5	Silto-argiloso	BTC, adobe e terra compactada	Apropriada para todos os tipos, particularmente BTC	Cimento Portland (pode ser afetado por temperaturas baixas)
Amostra 6	Areno-siltoso	BTC, adobe e terra compactada	Apropriada para todos os tipos, particularmente BTC, necessita de aglomerante	Cimento Portland, cal ou os dois combinados. Correção granulométrica com argila
Amostra 7	Areno-siltoso	BTC, adobe e terra compactada	Apropriada para todos os tipos, particularmente BTC, necessita de aglomerante	Cimento Portland, cal, ou os dois combinados. Correção granulométrica com argila
Amostra 8	Argilo-arenosa	Terra compactada ou BTC com aglomerante	Apropriada para BTC e taipa de pilão, necessita aglomerante	Correção granulométrica com areia, impermeabilizante
Amostra 9	Areia com matéria orgânica	Não é apto	Não é apto	Não é apto
Amostra 10	Siltoso	Apropriada para tinta, pouco apropriada para construção, pode ser usada com aglomerante	Apropriada para tinta. Evitar o uso construtivo, se necessário adicionar aglomerante e revestir a superfície	Cimento Portland ou emulsão asfáltica de baixa viscosidade.
Amostra 11	Argilo-arenosa	Terra compactada e BTC com aglomerante	Apropriada para BTC e taipa de pilão, necessita aglomerante	Correção granulométrica com areia, impermeabilizante
Amostra 12	Argilo-arenosa	Terra compactada e BTC com aglomerante	Apropriada para BTC e taipa de pilão, necessita aglomerante	Correção granulométrica com areia, impermeabilizante
Amostra 13	Areno-siltoso	BTC, adobe e terra compactada	Apropriada para todo tipo, particularmente BTC, necessita de aglomerante	Cimento Portland, cal, ou os dois combinados. Correção granulométrica com argila
Amostra 14	Areno-siltoso	BTC, adobe e terra compactada	Apropriada para todo tipo, particularmente BTC, necessita de aglomerante	Cimento Portland, cal ou os dois combinados. Correção granulométrica com argila
Amostra 15	Areno-siltoso	BTC, adobe e terra compactada	Apropriada para todo tipo, particularmente BTC; necessita aglomerante	Cimento Portland, cal, ou os dois combinados. Correção granulométrica com argila

Amostra 16	Argiloso	Adobe, técnicas mistas, ambas com adição de fibras	Apropriada para adobe e técnicas mistas	Palha ou outra fibra, ou correção granulométrica
---------------	----------	----------------------------------------------------	-----------------------------------------	--------------------------------------------------

6 CONCLUSÕES

Observa-se uma variedade significativa de técnicas construtivas possíveis com as amostras estudadas, não só as técnicas tradicionais já presentes em São João del-Rei, como também provavelmente de técnicas mais recentes. A composição granulométrica das amostras é bem diversificada, encontrando-se solos siltosos, arenosos e argilosos, em diferentes formações litológicas.

Não se detectou divergências na interpretação dos testes em relação à literatura consultada, o que robustece a confiabilidade dos testes expeditos para a classificação dos tipos de solo.

Os resultados reforçam o potencial construtivo do uso da terra nos municípios da microrregião de São João del-Rei, que justificam o uso secular deste, assim como influenciam na busca pela escolha correta do solo e estabilizante adequado.

Constatou-se que São João del-Rei, além da tradição, tem grande diversidade de solos que favorecem o uso de diferentes técnicas construtivas, que podem ser executadas de forma extremamente econômica.

Pesquisas posteriores devem ser realizadas para melhor aprofundamento dos estabilizantes e das técnicas construtivas. É importante ainda a realização de protótipos das técnicas construtivas definidas, que devem ser posteriormente submetidos a testes de resistência mecânica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ArcGIS. Mapa base (2021). Disponível em: <<http://www.arcgis.com/home/item.html>>. Acesso em: 31 de agosto de 2021.

ÁVILA, Ciro Alexandre et al. (2019). Mapa geológico e de recursos minerais: folha São João Del Rei, SF.23-X-C-II-1. Escala 1:50.000. 1 mapa, color. Belo Horizonte: CPRM.

CEPED – Centro de Pesquisas e Desenvolvimento. THABA (1984). Manual de construção com solo-cimento. São Paulo: CEPED/ BNH/ URBIS/ CONDER/ PMC/OEA/CEBRACE/ ABCP.

CRATerre – Centre International de la Construcción en Terre. (1979). Construire en terre. Paris: CRATerre. 270 p.

CONTI, José Bueno (2005). Considerações sobre as mudanças climáticas globais. Revista do Departamento de Geografia, v. 16, p. 70-75.

BARBOSA, Gisele Silva (2008). O desafio do desenvolvimento sustentável. Revista Visões 4ª Edição, Nº4, Volume 1.

CANTER, Larry W. (1996). Environmental impact assessment. New York: McGraw-Hill.

IPCC – International panel on climate change (2021). Climate change 2021: the physical science basis. Cambridge University Press: In Press.

MINKE, Gernot (2015). Manual de construção com terra: uma arquitetura sustentável. 1 ed. São Paulo: B4 Editoras.

NEVES, Célia M. M.; FARIA, Obede B.; ROTONDARO, Rodolfo; CEVALLOS, Patrício S.; HOFFMAN, Márcio V. (2010). Seleção de solos e métodos de controle na construção com terra – práticas de campo. Rede Ibero-Americana PROTERRA.

AUTORES

Mateus de Carvalho Martins: doutor e mestre em engenharia civil; engenheiro civil; artista plástico; professor do Departamento de Arquitetura, Urbanismo e Artes Aplicadas, da Universidade Federal de São João del-Rei; professor do Programa de Pós-Graduação em Artes, Urbanidades e Sustentabilidades da mesma universidade. Tem experiência na área de Engenharia Civil e

Arquitetura, com ênfase em materiais, estruturas, sistemas estruturais, edificações históricas, materiais e estruturas em terra, técnicas de construção alternativas e sustentáveis, bioconstrução, permacultura, autoconstrução, cultura popular, artes cerâmicas. Currículo completo em: <http://lattes.cnpq.br/4714325705400318>.

Lucas Faria de Andrade: graduando em Arquitetura e Urbanismo, na Universidade Federal de São João del-Rei, pesquisador de solos e arquitetura e terra, com ênfase em bioconstrução e permacultura. Integrante do Programa Saberes da Terra, na Universidade de mesmo nome. Currículo completo em: <http://lattes.cnpq.br/0439438031270822>.

A PINTURA COM TINTA DE TERRA NAS COMUNIDADES RURAIS DE JECEABA, MINAS GERAIS, BRASIL

Mateus de Carvalho Martins¹; Mateus Felipe Rocha Maia²

¹Universidade Federal de São João del-Rei, Professor Associado do Departamento de Arquitetura, Urbanismo e Artes Aplicadas, mtcvmt@yahoo.com.br

²Arquiteto e Urbanista, mateusfelprocha@gmail.com

Palavras-chave: técnicas alternativas, solo, cultura popular, patrimônio

Resumo

Historicamente, é nítida a importância do solo para as atividades humanas. Da coloração às propriedades tectônicas, técnicas vernáculas perdem espaço para as industriais, que estabelecem condições estreitas de competitividade. Felizmente, a busca pelo desenvolvimento tecnológico que enfatiza a utilização de recursos renováveis incentiva o uso de materiais ecoeficientes na arquitetura. Os pigmentos do solo são alternativas sustentáveis aos materiais concebidos pela indústria. A pesquisa apresentada tem como objetivo contribuir no aperfeiçoamento da técnica, e buscou seu desenvolvimento como meio de resgate da coletividade e preservação do patrimônio histórico e cultural, difundindo como uma solução sustentável para a pintura de casas, por meio de procedimentos metodológicos que compararam cientificamente as amostras e soluções. Desse modo, com melhoria da qualidade das tintas, os programas de extensão Saberes da Terra e Caminhos Sustentáveis garantem o desempenho dos resultados com as atividades realizadas nas comunidades. Inicialmente, foi realizada a revisão bibliográfica sobre os diversos assuntos relacionados à técnica de produção de tintas pigmentadas pelo solo. Com efeito, as coletas *in loco* aliadas às entrevistas foram incluídas no arquivo de laboratório, que, com o levantamento de dados, foram submetidas à realização de ensaios. Buscando a análise de aplicabilidade, submetem-se as amostras à diferentes situações para verificação de desempenho. Assim, foi possível o diagnóstico e o cadastramento dos solos para o preparo das tintas até sua utilização. Para a confecção de tintas de boa qualidade foi constatado que é necessário que o solo seja composto por uma maior quantidade de silte e argila. Além disso, com o objetivo de conciliar a aplicabilidade dessas técnicas ao modelo atual de construção civil, alia-se o PVA à mistura como ligante, melhorando seu desempenho. Com o aumento no número de amostras catalogadas, têm-se ampliado as possibilidades ofertadas aos programas aliados e pesquisadores potenciais. Em suma, este trabalho pretende estimular as pesquisas que vêm sendo desenvolvidas nos últimos anos, e consideram, sobretudo, o contexto social, apontando as diretrizes técnicas diante da hegemonia dos meios industriais. Reitera-se a necessidade da educação comunitária em Jeceaba (MG) frente às possibilidades vernáculas, que têm origem cultural, e seu poder de mobilizar a comunidade quanto a seu uso e aplicação no patrimônio construído.

1. A TINTA DE TERRA COMO CULTURA POPULAR

A partir da percepção de que grande parte das edificações localizadas nas periferias das cidades brasileiras não apresentam pintura ou revestimento (Becker; Gomes, 1993), constata-se incompatibilidade entre os materiais construtivos tradicionais e os industrializados, o que indica o afastamento dos materiais tradicionais de uma questão prática, e evidenciam a iminente mudança do meio produtivo. Assim, o desenvolvimento sustentável, baseado na economia de recursos econômicos e ambientais, é aqui defendido como a forma mais viável para a diminuição da miséria, exclusão social e econômica, desperdício e degradação ambiental que o Brasil vem atravessando atualmente.

Essa pesquisa buscou propor uma melhor aplicação dos materiais na arquitetura e urbanismo em escala local, principalmente no que é o interesse principal: a tinta de terra. Dessa forma, o Projeto Saberes da Terra: Tons dos Solos dedica-se à pesquisa tanto dos processos de produção quanto à categorização e documentação das tintas de terra para a

arquitetura, a partir do estudo dos solos de São João del-Rei e região. Em pesquisas anteriores, tendo como bases também outras pesquisas, como, por exemplo, o Projeto Cores da Terra do Departamento de Solos, da Universidade Federal de Viçosa (Cardoso, 2016), estabeleceu-se reflexões sobre sua aplicação em vista às tecnologias disponíveis em relação à aplicação do material. Além da arquitetura e urbanismo, a presente pesquisa buscou também ferramentas para a aplicação das tintas nas artes e na sustentabilidade do patrimônio histórico e na bioconstrução, com princípios na permacultura.

As constatações anteriores, levantadas nas pesquisas dos autores no ano de 2020, foram fundamentais para o desenvolvimento do processo, principalmente em relação à resistência à abrasão e ao poder de cobertura, normatizados pela NBR 14942 (2012) e a NBR 14943 (2018). As pesquisas desenvolvidas conduziram a presente pesquisa a produção de resultados mais conclusivos à respeito do desempenho, propondo um índice que mede o desempenho do material. Busca-se assim a avaliação mais detalhada sobre as amostras coletadas, propondo novas diretrizes para a avaliação de desempenho a fim de serem utilizadas pelos programas de extensão, como o Programa Saberes da Terra, o Programa Caminhos Sustentáveis e o Materiais, Técnicas e Tecnologias Alternativas e Sustentáveis (MATTAS), todos da Universidade Federal de São João del-Rei.

1.1. Bases e princípios

Os materiais alternativos, com bases em energias sustentáveis e na diminuição de gastos energéticos na extração dos recursos naturais, vêm ganhando espaço no mercado brasileiro, mesmo que lentamente por falta de incentivos. Porém, também mesmo com toda a falta de apoio e investimentos atuais para a educação e a pesquisa nacional, nota-se um avanço da ciência e das diferentes vertentes da tecnologia contemporânea, sendo a produção de materiais utilizados na arquitetura, como a tinta de terra, uma dessas frentes alternativas que podem compor linhas importantes para a conservação do patrimônio cultural e para a construção do conceito ecológico.

Menor (1992) ressalta que o avanço da ciência e da tecnologia devem ser considerados entre os mais extraordinários empreendimentos da humanidade atualmente, em que há a necessidade permanente pela novidade técnica, necessária à própria manutenção do meio produtivo, porém contribui à multiplicação dos modismos e do consumo desenfreado (Leff, 2011). O uso de alguns materiais, como o concreto armado e as tintas industriais é “Resultado de uma longa evolução” e evidencia a forma racional que direcionou parte das experiências arquitetônicas e urbanísticas do século XX (Azevedo, 2016). Porém, a tecnologia social deve ser valorizada, pois a exclusão do saber popular termina por homogeneizar o saber construtivo àquele imposto pelo sistema de produção, reduzindo a relevância do saber tradicional para o ato de construir, abolindo crescentemente todo traço de autonomia no canteiro (Ferro, 2007). Dessa forma, com a supressão daquilo que há de subjetivo e artesanal na arquitetura, há, segundo Leff (2006), o desencadeamento à simplificação das interpretações do comportamento humano e social, tendo meramente eficiência tecnológica como meio e finalidade do progresso, eliminando as contradições e a polissemia dos discursos científicos.

A atualidade, com suas características homogeneizantes em relação aos materiais industrializados, geram, em seu próprio conceito, uma abertura para a diferença, tendo aos poucos consolidado indagações sobre a importância da heterogeneidade e da diversidade (Leff, 2006). O conhecimento e o desenvolvimento de tecnologias capazes de tornar a arquitetura mais sensível e sustentável constituem ferramenta fundamental para a propagação da preservação patrimonial em todos os sentidos. Portanto, a busca de formatos e processos que valorizem as características e os materiais locais, como a proposta deste estudo, é oposta às universalizações feitas a partir da década de 1950 pelos profissionais diretamente relacionados com a arquitetura moderna. Ao contrário do modelo modernista global, o Regionalismo Crítico (1960-1980), identificado pelo historiador Frampton (2006), destaca a importância da subjetivação mediante a contextualização do objeto, guardam soluções genéricas e/ou totalizantes. Assim, o Regionalismo Crítico não

recusa o progresso técnico tampouco os materiais adotados, porém busca a diversidade e a originalidade por meio do conhecimento tradicional, deixam em evidência a importância da recuperação documental e da diversidade do ato de construir.

Os materiais utilizados na arquitetura, principalmente os da envoltória da edificação, são fundamentais para a composição harmoniosa em um todo, bem como o desempenho térmico e é um fator importante para a vida das pessoas naquele local. Isso contribui e aumenta as possibilidades de estudos e interpretações, como a tinta com pigmentos de solos, identificada como tinta de terra. Segundo Malard (2006), a sobrevalorização dos aspectos visuais na arquitetura tem início no Renascimento, por meio dos edifícios eclesiásticos, onde a dimensão artística se impunha às necessidades funcionais, enquanto a técnica era crescentemente empregada como espetáculo, configurando a imagem do arquiteto como “mestre do desenho”, imagem que continuou sendo preconizada pelo saber popular. Assim, em função de uma economia de mercado, o movimento de afastamento do canteiro de obras mostrou-se crescente no decorrer dos séculos no campo de atuação do profissional, principalmente após o século XIX, com o desenvolvimento das engenharias em resposta às demandas das cidades industriais (Oliveira, 2010).

A arquitetura, por também ser objeto subjetivo, faz ligação com todas as ações humanas (Heidegger, 2001), sendo influência nas ações mais relevantes do ser, incorporando seus medos, necessidades e desejos. Atualmente, o consumo consiste em uma atividade necessária e inerente ao ser humano, uma vez que é necessário consumir para sobreviver pois as relações de produção estão cada vez mais conectadas e interdependentes, das economias globais, à internet, as redes estão em todo lugar em um sistema complexo, diverso, de múltiplas interações e acasos (Nigro, 2007). Dessa forma, a capitalização desse processo pode criar contradições que, conforme Heidegger (2001), estimulam a passividade e, em âmbito coletivo, auxiliam à adoção de automatismos e repetições que podem comprometer a perpetuação de técnicas tradicionais.

1.2. As técnicas tradicionais e o papel social e ambiental

A construção civil no Brasil é uma das maiores fontes geradoras de resíduos entre os setores (SENAI, 2007). Uma pesquisa realizada Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), mostra que, nas cidades brasileiras, cerca de 60% a 70% dos resíduos sólidos urbanos são gerados por construções formais e informais, sendo somente 8% encaminhados para reciclagem. A geração de resíduos de construção e demolição (RCD) no Brasil foi estimada em 65 milhões de toneladas por ano. Além disso, são gerados cerca de 230 a 760 kg/hab por ano, correspondendo de 41% a 70% da massa de lixo urbano do país (Pinto *apud* Brasileiro; Matos, 2015). De acordo com Montaner (2001), o desafio atual consiste em demonstrar que arquitetura ecológica, além de ser necessária globalmente e correta socialmente, pode ser muito atraente do ponto de vista estético, conceitual e cultural.

Entretanto, além da conscientização por meio da educação, a presente pesquisa buscou categorizar individualmente cada amostra de solo para a produção da tinta, selecionando, entre as opções a melhor opção para a sua utilização. A arquitetura ecológica e sustentável é muito importante no contexto da construção, pois pode trabalhar com a limitação de recursos e com a necessidade de produção de bens necessários com a menor quantidade de recursos possíveis, sobretudo na mobilização da comunidade, utilizando-se do desenvolvimento sustentável de forma ampla, ou seja, ambiental, social e econômico. Assim, considera-se, ainda, a possibilidade de amortização financeira para o usuário, podendo reduzir a despesa mensal e ampliando a utilização nas parcelas mais vulneráveis da comunidade, reaproveitando materiais e também proporcionando economia de energia durante a vida útil do imóvel.

2. MÉTODO E APLICAÇÃO

A pesquisa teve por objetivo a documentação acerca da utilização das tintas de terra em comunidades do município de Jeceaba, no estado de Minas Gerais. Foram realizadas

entrevistas com moradores e, coleta e caracterização das amostras de solos, buscando melhorar as propriedades técnicas de sua aplicação. Tratando-se de uma pesquisa que busca a aliança entre diferentes áreas do conhecimento, houve a consulta de bases de dados do *Scientific Electronic Library Online (SciELO)* e em livros do tema, assim como no portal *Google Scholar (Google Inc.)*. Em seguida, procedeu-se o levantamento de dados para a aplicação dos ensaios laboratoriais a par dos procedimentos indicados pela Embrapa (Almeida *et al.*, 2012). Para atestar a qualidade das tintas, aplicou-se a determinação do poder de cobertura de tinta seca conforme a NBR 14942 (2016) e a NBR 14943 (2018).

As entrevistas realizadas nas comunidades rurais de Jeceaba buscaram compreender qual o nível de conhecimento dos moradores a respeito da utilização de materiais eco eficientes nas construções. Entre os entrevistados, três alegaram conhecer alguma técnica construtiva vernácula, como a produção de adobe e telhas “de barro”. Outros dois disseram conhecer a técnica tradicional de tinta de terra, conhecida como barreado na região (figura 1).

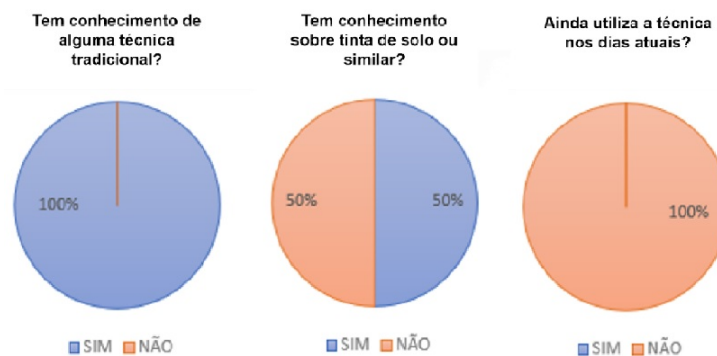


Figura 1. Resultado da pesquisa quantitativa realizada com os entrevistados

Nestas entrevistas, surgiram outras informações sobre distintos materiais, como o barreado, que é descrita por Vasconcellos (1979) e consiste na aplicação da mistura de solos argilosos com a água sobre alguma superfície. Segundo a entrevistada, o barreado pode ser aplicado também como revestimento de paredes, se adicionado uma parcela de matéria orgânica, como o esterco de boi, para que sejam evitadas rachaduras e outras manifestações patológicas. As entrevistas foram bem aceitas pelas comunidades, e seu teor pode ser visto no relato de uma moradora da Comunidade da Vargem dos Pinheiros em 2020:

Nós mesmos inventamos uma moda de usar, a casa era de tijolo, nós então pegamos ‘terra tabatinga’... ideia da minha irmã mais velha... A terra é a... o que eles falam: ‘barro de argila’, mas tem o ‘pretinho’ e tem o branco, e ali naquela subida ali (indicando o local), tem muito dessa terra.

Segundo Leff (2006), o saber ambiental, que é um saber externalizado pela racionalidade econômica, científica e tecnológica da modernidade, sendo classificado, muitas das vezes, como um tipo marginalizado e subjugado do logos-científico. Assim, pela conscientização, é possível que os cidadãos fiquem ativamente envolvidos na produção de suas próprias habitações por meio das técnicas alternativas, contrapondo o viés fortemente consumista, características até então incomuns em regiões rurais ou semi-rurais. Entretanto, segundo Skinner (1973), não basta usar a tecnologia por si só para o entendimento mais profundo dos problemas humanos, mas também é preciso uma tecnologia social, pois o desenvolvimento social é indissociável do desenvolvimento tecnológico geral.

Nas comunidades onde foram realizadas as entrevistas, foram constatadas a utilização da construção “comunitária”, que foi tornando-se cada vez mais individualizada à medida que os métodos construtivos foram substituídos. Compreende-se que as respostas construtivas de determinada cultura são internalizadas como verdades inquestionáveis, justamente o que vêm acontecendo com os materiais advindos da indústria (Freitas, 1991 *apud* Fernandes, 2005). Assim, os materiais tradicionais eram produzidos de modo simbiótico entre seus usuários.

Segundo o relato de um dos moradores, tem-se: “os tijolos (artesanais) eram feitos ‘à meia’, em que o profissional ‘vinha’... utilizava da terra do local e voltava com metade do material para revenda”. Dessa forma, segundo Capeche (2010), a própria terra tem a capacidade de transformar a realidade de muitas comunidades, com a geração de trabalho, renda, bem como fator de cidadania que se apresenta como uma proposta inovadora de valorização do solo.

Por meio das entrevistas, verificou-se que atualmente não são utilizadas “técnicas tradicionais” na comunidade, com a detecção da necessidade de projetos e programas que possam evitar a degeneração de um saber relevante, o que evidencia a importância de seu estudo e documentação, considerando a ligação entre o conhecimento empírico e o científico.

2.1. Solos e suas coletas e análises

Conforme já relatado, a primeira fase da pesquisa prática consistiu na realização de entrevistas com moradores locais, sendo um dos pontos levantados foi sobre possíveis pontos de coleta de solos na região em questão. As informações obtidas foram registradas em uma planilha digital. De acordo com Lepsch (2010), sendo possível estimar a classe de textura do solo por meio do tato, com a fricção do material umedecido entre os dedos polegar e indicador. Assim, com o auxílio de um morador na etapa de pré-coleta, foram realizados os testes de classificação de textura, na busca pela coleta de amostras mais adequadas à produção de tintas de terra, foram coletadas de doze amostras de solos, classificadas conforme a tabela de Munsell (2010). As cores e as classificações são apresentadas na figura 2.

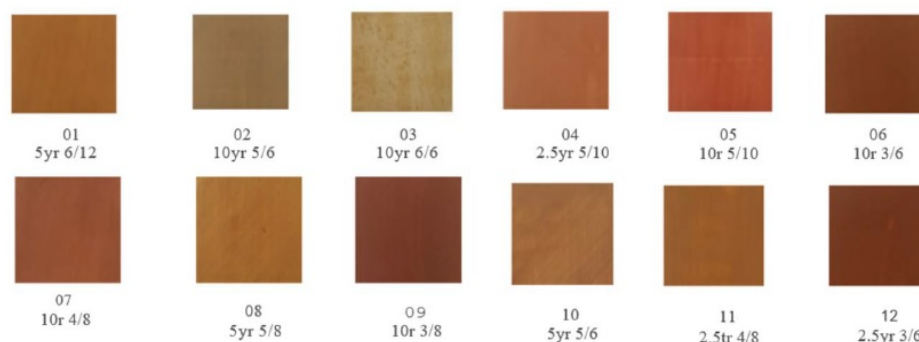


Figura 2. Cores das amostras coletadas e sua classificação segundo Mussel (2010).

Sendo a cor uma importante propriedade morfológica do solo, constitui fator que pode ser facilmente determinado em campo, facilitando a realização de apontamentos acerca do material orgânico, umidade e a presença de oxidação de ferro e manganês, por exemplo.

As amostras, coletadas e georreferenciadas pelo aparelho GPS *Garmin Etrex 10*, foram separadas em quantidades próximas de 3 kg, de acordo com orientações de Lepsch (2010), com a conversão das coordenadas UTM para as coordenadas absolutas, tendo em vista a metodologia aplicada anteriormente em Maia e Martins (2018).

As amostras coletadas foram secas em estufa a 100°C, de acordo com as recomendações de Almeida *et al.* (2012), na busca pela padronização granulométrica das amostras. Constatado o melhor desempenho daquelas com predominância de argila e silte (Cardoso *et al.*, 2016), optou-se a utilização de partículas menores que 75µm, conforme o método do densímetro com a utilização do agitador de peneiras *Bertel*, modelo: VP-01, indicado por Almeida *et al.* (2012).

Na sequência, visando a produção de tintas látex (Cardoso *et al.*, 2016), fez-se a adição da resina poliacetato de vinila (PVA) à terra, diluída em água, em uma proporção com volume de 1:2:2 (PVA, terra e água); porém, percebendo a diferença de resultados na aplicação a partir desta proporção, optou-se por experimentar variações de porções nesta mistura com a proporção de terra (pigmento) e de água variando de acordo com cada tipo de solo, porém,

mantendo constante a de cola PVA (ligante).

Dessa forma, observou-se que, para gerar uma tinta com melhor consistência, os solos com maior porcentagem de silte e argila necessitam de maior quantidade de água, enquanto que os que têm maior porcentagem de areia mostram suficientes com a medida padrão, como se observa na tabela 1.

Tabela 1. Classificação granulométrica das amostras coletadas segundo o método do densímetro, ensaio homologado pela Embrapa (Almeida *et al.*, 2012).

Nº	Areia grossa (%)	Areia fina (%)	Silte (%)	Argila (%)	Classificação
1	37.65	2.8	49.63	9.93	Franco-siltosa
2	39.7	2.06	48.53	9.71	Franco-siltosa
3	44.77	0.03	46	9.2	Franca
4	31.77	3.29	54.12	10.82	Franco-siltosa
5	24.71	8.26	55.86	11.17	Franco-siltosa
6	22.67	16.12	51.01	10.2	Franco-siltosa
7	33.43	2.92	49.13	14.52	Franco-siltosa
8	41.06	2.64	46.92	9.38	Franca
9	34.04	4.27	53.31	8.38	Franco-siltosa
10	46.79	0.95	46.12	6.15	Franca
11	30.78	2.48	55.61	11.12	Franco-siltosa
12	34.89	4.33	50.65	10.13	Franco-siltosa

A tabela 1 mostra a classificação relativamente regular, variando entre franca e franco-siltosa, em conformidade ao triângulo textural granulométrico apresentado na figura 3.

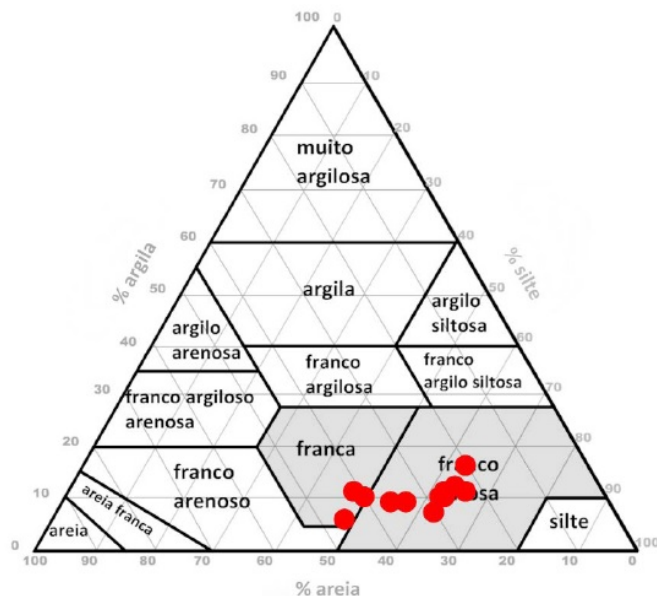


Figura 3. Determinação da classe textural do solo (indicação em vermelho) marcado no triângulo textural

2.2. Testes de desempenho

O presente trabalho é continuidade de outros que já desenvolvidos no Departamento de Arquitetura, Urbanismo e Artes Aplicadas, da Universidade Federal de São João del-Rei. Atualmente, há 78 amostras arquivadas no laboratório, todas coletadas no Estado de Minas Gerais. As primeiras 50 amostras resultaram da pesquisa desenvolvida segundo o edital nº002/2016/PROPE/UFSJ, correspondendo às coletas realizadas na região do Campo das Vertentes, nas cidades de São João del-Rei, Lavras, Prados, entre outras. As outras 28 amostras foram extraídas da região do Alto Paraopeba, em Jeceaba e Congonhas, correspondendo às pesquisas dos dois últimos editais: o N°003/2017/PROPE/CNPq/UFSJ e N° 005/2018/PROPE/PIBIC, respectivamente. Os ensaios de composição dos solos e de confecção das tintas foram realizados no Laboratório de Materiais e Técnicas Construtivas, do Departamento de Arquitetura, Urbanismo e Artes Aplicadas, da Universidade Federal de São João del-Rei.

Na realização dos ensaios, a massa de pigmento defloculado foi de 100g, sendo o dispersante utilizado foi o *NaOH*. Considerando que a quantidade de resina para as tintas látex industriais é na faixa de 4,3 a 13% da massa total (Uemoto, 2005 *apud* Cardoso et al., 2016), as tintas de solo experimentadas têm a composição de pigmento (solo) que variam entre 33% a 66% do volume da tinta, que é ligeiramente maior. Assim, a proposta é contribuir para o desenvolvimento de uma técnica de baixo custo e baixo impacto ambiental, para que os ensaios sirvam de parâmetro para reduzir a adição de resina e solo nas aplicações, objetivando a obtenção do melhor resultado em termos técnicos e práticos.

A análise granulométrica mostra-se fundamental para a compreensão do objeto de estudo. Assim, o procedimento tem o objetivo de separar os agregados das amostras e liberar as partículas isoladas na suspensão formando uma suspensão estabilizada para a separação das frações. Estes testes têm a finalidade de identificar qual é a categoria da amostra, realizados por meio da dispersão mecânica e química, conforme (Almeida et al., 2012).

O preparo e dispersão consistem em adicionar 250ml de água e 100ml de solução de hidróxido de sódio 1mol/l^{-1} em uma proveta, adicionando posteriormente 50g da amostra de solo. Para a efetiva aplicação do método, deve-se utilizar o densímetro do padrão ASTM 152H (Almeida *et al.*, 2012). Diante da indisponibilidade do densímetro especificado, ignorou-se o fator de correção ($f_c=1$), pois o uso de outro tipo de densímetro exige compatibilidade de escalas, calibração e adequação aos cálculos. Deste modo, considerou-se que as amostras possuem o mesmo valor nesta aferição. Assim, verificou-se que todas as amostras, devidamente padronizadas, podem servir de pigmento à tinta de terra, porém o desempenho é altamente variado entre as amostras se é mantido as frações propostas por Cardoso *et al.* (2016). Existem solos que naturalmente podem ser encontrados em condições positivas à aplicação, como aqueles que têm a granulometria predominantemente siltosa.

Dessa forma, é necessário agitar vigorosamente, durante 5 minutos, a suspensão de cada amostra de solo com o agitador de Wagner. Após uma hora e meia para sedimentação, transferir o volume de suspensão de 5 cm (após o traço de aferimento) para recipiente de 200ml. Isso pode ser feito por sifonamento, pela torneira do cilindro de sedimentação ou pelo tubo plástico do cilindro de sedimentação, conforme indica a Almeida *et al.* (2012). Segundo as disposições do ensaio, são utilizadas fórmulas pré-estabelecidas para a obtenção do teor de areia fina, areia grossa, silte e argila, onde os dois primeiros são realizados por balança de precisão, enquanto os dois últimos são realizados por meio da aferição da suspensão das amostras com os densímetros.

2.3. Desempenhos das tintas de terras

Na determinação do poder de cobertura de tinta seca utilizou-se a NBR 14942 (2016) com a adaptação proposta por Andrade e Martins (2016) em relação ao uso do espectrofotômetro computadorizado, estufa com circulação de ar e cartela específica, a fim de avaliar a “área máxima em metros quadrados de 98,5%”. Os ensaios de desempenho da pesquisa são

fundamentados em uma metodologia alternativa à NBR 14942 (2016) e 14943 (2018) que consistem na simulação do comportamento da amostra em razão do seu contraste. Para esta avaliação, é utilizada uma cartela alternativa à *Leneta 3B*, especificada pela NBR 14943 (2018). Consideram-se os ensaios de cobertura de tinta seca, no qual as amostras são aplicadas em folhas de prova com a densidade de 180g/m³, a “razão de contraste determinada numa extensão de tinta logo após sua aplicação” é de 55% (NBR 14943, 2003).

Esses ensaios de desempenho fazem parte do final do estudo, tendo como objetivo a avaliação das tintas de terras produzidas. Foram definidos métodos alternativos, porém que respeitaram as recomendações da NBR 14942 (2012); para a determinação do poder de cobertura de tinta seca. Devido à indisponibilidade do espectrofotômetro, as análises do poder de cobertura foram feitas a partir de observação, sendo o processo registrado por fotografias (Martins; Andrade, 2006). Apesar de basear-se na NBR 15079 (2011), este trabalho tem como meta responder à demanda exigida para o contexto local da autoprodução, fornecendo informações que podem ser apropriadas com facilidade. Após a mistura da tinta, as cartelas de testes de contraste foram impressas em papel de gramatura de 180g/m³ e aplicadas manualmente a partir do rolo sintético de 5 cm.

As tintas de cada um destes solos foram analisadas em condições apropriadas de iluminação, constituindo um resultado a partir de uma alternativa segura e econômica, como já relatada. Assim, todas as tintas apresentaram um resultado aceitável no teste, porém não garantiu uma boa reprodução de cor em todos os casos. As amostras 6, 9 e 12 mostraram-se adequadas no ensaio de determinação do poder de cobertura de tinta seca. Nisto, a amostra 9 destacou-se das demais, sendo capaz de cobrir a superfície de modo satisfatório com duas demãos, conforme pode ser verificado na tabela 2.

Tabela 2: Classificação das tintas por proporções, teor de contraste e qualidade

Amostra (Classificação granulométrica)	Proporções			Teor de contraste			Qualidade			
	Água	Solo	Cola	Em Branco	Em Preto	Diferença	180g/m ³ (demãos)	Relação cola X aplicação	Relação Rendimento	Nº demãos (MDF)
1 (FS)	2	4	1	25	56	69	6	0,15	1,73	3
2 (FS)	2	4	1	33	36	97	10	0,15	1,46	3
3 (F)	1	4	1	20	60	60	8	0,17	1,28	3
4 (FS)	2	4	1	28	33	95	4	0,15	3,56	2
5 (FS)	2	4	1	30	63	67	5	0,15	2,01	2
6 (FS)	3	3	1	50	55	95	3	0,15	4,75	2
7 (FS)	1	4	1	30	52	78	5	0,17	2,65	2
8 (F)	2	2	1	30	55	75	8	0,20	1,88	2
9 (FS)	3	2	1	47	51	96	2	0,17	8,16	2
10 (F)	3	2	1	30	43	87	6	0,17	2,47	2
11 (FS)	2	3	1	35	43	92	4	0,17	3,91	2
12 (FS)	3	3	1	48	51	97	3	0,15	4,85	2

O teor de contraste é uma relação entre a aplicação da tinta em uma superfície branca e outra preta por meio do seu valor de contraste. Muito semelhante ao ensaio de poder de cobertura de tinta seca, o procedimento consiste na aplicação da tinta à cartela produzida. Na ausência do espectrofotômetro eletro-motorizado adotou-se o ensaio por fotografia e o software *Adobe Photoshop CC 2019* para comparar as diferenças das relações de contraste em branco (a) e preto (b). No ensaio, quanto maior a diferença entre os termos, melhor a aplicação, portanto, as amostras 1, 3 e 5 apresentaram diferenças menores que 70%, enquanto as amostras 7, 8 e 10 entre 70 e 90% e as outras seis amostras acima de 90%. Este ensaio, porém, não assinala necessariamente a qualidade do material, mas sim, sua capacidade de cobrir superfícies com tonalidades díspares. A figura 4 mostra o procedimento para a realização do teste de constraste, com três exemplos: de excelência, mediano e ruim, correspondente às amostras 9, 11 e 3, respectivamente. Para estimar o desempenho, relacionou-se a capacidade de cobertura ao teor de contraste com a quantidade de demãos necessárias para atingí-lo.

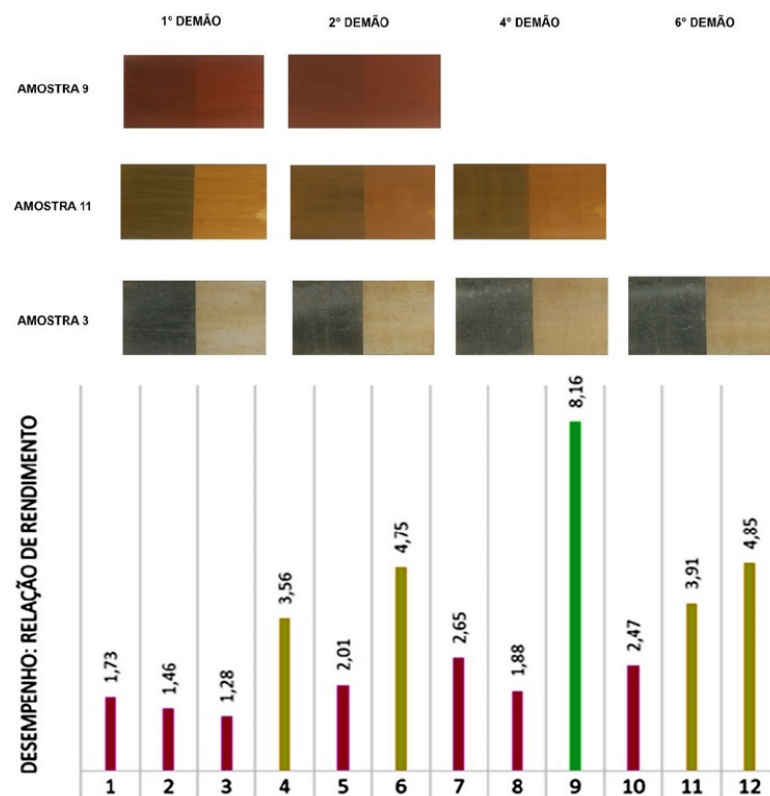


Figura 4: Determinação de poder de tinta seca e teor de contraste e classificação das amostras.

O teste de qualidade da amostra leva em consideração o teor de contraste (a), o número de demãos do teste de cobertura de tinta seca (b) e a relação entre cola e aplicação (c). Deste modo, têm-se a seguinte relação: $a \times b \times c$, mostrados também na figura 4. O ensaio de desempenho proposto relaciona, de forma direta, o desempenho da amostra, avaliando o seu custo-benefício, pois é possível identificar a amostra que utiliza menos material para ser produzida, e, conseqüentemente, identificar qual delas possui maior eco eficiência. Considerando o índice (i), aquelas que possuem " $0 < i < 3$ " têm desempenho insatisfatório ou ruim (em vermelho), as que possuem o índice " $3 < i < 6$ " têm bom desempenho (em amarelo) e aquelas em que o " $i > 6$ " tem ótimo desempenho (em verde).

Além disso, tendo analisado dois tipos de classificações granulométricas: a franca e a franco-siltosa, conclui-se que aquelas que foram classificadas como franco-siltosas estão entre mais apropriadas à produção de tintas, e, pelo contrário, as francas não são apropriadas, reiterando as constatações anteriores. Contudo, observa-se que há outras influências além do tamanho das partículas como a capacidade individual de retenção de água, relacionando outros aspectos como a porosidade do material em relação à presença

de macro e micro poros. Considerando tais resultados, as novas amostras passaram a integrar o acervo do laboratório da universidade, sendo classificadas e enumeradas, com o objetivo de utilizá-las na arquitetura e urbanismo, nas artes, e na bioconstrução, além de áreas afins.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com todo o processo em partes ainda em andamento, foi verificado que o conhecimento na região de Jeceaba mantém-se presente na memória de muitos moradores, porém se perdeu do âmbito prático. Apesar do reconhecimento de sua importância, a população não encontra subsídios para dar continuidade à produção, sob o ponto de vista do resgate da técnica, é preciso atentar-se às novas gerações que já não têm o contato com este saber.

Levando em conta o deslocamento do olhar à sustentabilidade dos materiais, o resgate da utilização das tintas de terra representa uma tendência de mercado e uma necessidade ambiental, visto que é possível atingir bons resultados com o material. Assim, conclui-se que três dos doze solos coletados e registrados na região de Jeceaba, suas comunidades e região podem ter desempenho similar às tintas industriais, estando disponíveis aos usuários interessados por meio do mapeamento. Deste modo, ao optar pelo uso das tintas de terras, o usuário deve reconhecer que é possível usufruir de qualidades únicas, como aspectos texturais que os solos proporcionam, além do saber tradicional, aquele construído ao longo das gerações.

Além das coletas, levantamentos e pesquisas como os solos, na vigência da pesquisa, foram realizadas duas oficinas de tinta de terra na cidade de Jeceaba, ambas durante o Festival Viva Jeceaba que aconteceram nos dias 12 e 13 de dezembro de 2019. Atingindo um público diverso que, em parceria com o Programa de Extensão “Saberes da Terra”, houve a aplicação de uma metodologia participativa para que os oficinairos pudessem construir familiaridade com o material. Lá, houve a execução de pinturas murais, desenhos e estampas. No período de quarentena devido à Pandemia do COVID-19, houve também mais uma oficina para a cidade de Entre Rios de Minas, vizinha a Jeceaba, porém na modalidade digital.

As pesquisas realizadas e a busca de melhorias das qualidades dos materiais, aqui no caso as tintas de terras, são constantemente utilizados pelos programas de extensão “Saberes da Terra” e “Caminhos Sustentáveis”, foram criados os painéis constituídos pelas amostras testadas que são levados às oficinas, ampliando as possibilidades de aplicação em comunidades através das atividades de extensões na cidade de São João del-Rei e demais municípios vizinhos integrantes do Campo das Vertentes, nas áreas urbanas e também nas comunidades rurais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, B. G. de; DONAGEMMA, G. K.; RUIZ, H. A.; BRAIDA, J. A.; VIANA, J. H. M.; REICHERT, J. M. M.; OLIVEIRA, L. B.; CEDDIA, M. B.; WADT, P. G. S.; FERNANDES, R. B. A.; PASSOS, R. R.; DECHEN, S. C. F.; KLEIN, V. A.; TEIXEIRA, W. G. (2012). Padronização de métodos para análise granulométrica no Brasil. Brasil: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. (2012)..

MARTINS, M. C.; ANDRADE, R. (2016) Saberes da terra: produção e aplicação de tintas naturais com pigmentos de solos. In: Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil, 6. Anais Bauru: TerraBrasil/UNESP

AZEVEDO, Mirandulina (2016). Registros em revista: melhoramento, ciência urbanística e metrópole. In: Seminário de História da Cidade e do Urbanismo, 14, 2016, p.242-252. Anais... São Carlos (SP): IAU/USP

BECKER, B. K.; GOMES, P. C. da C. (1993). Meio ambiente: matriz do pensamento geográfico. In: VIEIRA, P. F.; MAIMON, D. As ciências sociais e a questão ambiental: rumo à Interdisciplinaridade. APED/UFPA.

- BRASILEIRO, L. L.; MATOS, J. M. E. (2015). Revisão bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil. *Cerâmica*, São Paulo, v. 61, n. 358, p. 178-189. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/0366-69132015613581860>>. Acesso em: 24 Ago. 2021.
- CAPECHE, C. L. (2010). Educação ambiental tendo o solo como material didático: pintura com tinta de solo e colagem de solo sobre superfícies. (Documentos / Embrapa Solos). Rio de Janeiro: Embrapa Solos.
- CARDOSO, F. de P.; ALVARENGA, R. de C. S.; CARVALHO, A. F.; FONTES, M. P. F. (2016). Processos de produção e avaliação de requisitos de desempenho de tintas para a construção civil com pigmentos de solos. *Ambiente Construído*, 16(4), p.167-183
- FERNANDES, Karina Ribeiro (2005). Percepções dos dirigentes sobre o processo de construção da identidade organizacional em relação com os valores formais da organização. Florianópolis: UFSC
- FERRO, Sérgio (2007). Arquitetura e trabalho livre. São Paulo: Cosacnaify, 2006 FIERGS/ SENAI. Produção mais limpa em edificações. Porto Alegre, 2007.
- FRAMPTON, Kenneth (2006). Perspectivas para um regionalismo crítico. In: NESBITT, Kate (org.). Uma Nova Agenda para a Arquitetura. Antologia Teórica 1965-1995. São Paulo: Cosac Naify.
- HEIDEGGER, Martin (2001). A Arte e o espaço. In: Mimesis e Expressão. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2001.
- LEFF, E. (2006). Epistemologia ambiental. São Paulo: Cortez.
- LEFF, E. (2011). Complexidade, interdisciplinaridade e saber ambiental. *Olhar de Professor*. 14. 309-335. 10.5212/OlharProfr.v.14i2.0007.
- LEPSCH, Igo F. (2010). Formação e conservação dos solos. São Paulo: Oficina de Textos
- MAIA, M. F. R.; MARTINS, M. C. (2018). Estudo das cores das tintas de terras produzidas em São João del-Rei e região, Minas Gerais. In: Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil, 7. Anais ...-- Rio de Janeiro: TerraBrasil/UFRJ
- MALARD, Maria Lúcia (2006). As aparências em arquitetura. Belo Horizonte: Editora UFMG.
- MENON, M. G. K. (1992). O papel da ciência no desenvolvimento sustentável. *Debate. Estud. av.* 6 (15). <<https://doi.org/10.1590/S0103-40141992000200010>>. Acesso em: 24 Ago. 2021.
- MONTANER, Josep Maria (2001). A beleza da arquitetura ecológica. In: Montaner, J. M., A modernidade superada. Arquitetura, arte e pensamento do século XX. Barcelona: Gustavo Gili.
- MUNSELL, Albert H. (2010). Munsell color (Firm). Munsell soil color charts: with genuine Munsell color chips. Grand Rapids, MI: Munsell Color.
- NBR 14942 (2016). Tintas para construção civil — Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais — Determinação do poder de cobertura de tinta seca. Brasil: Associação Brasileira de Normas Técnicas
- NBR 14943 (2018): Tintas para construção civil - Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais - Determinação do poder de cobertura de tinta úmida. Brasil: Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- NBR 15079 (2011): Tintas para construção civil - Especificação dos requisitos mínimos de desempenho de tintas para edificações não industriais - Tinta látex nas cores claras. Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- NIGRO, Carlos Domingos. (2007) (In) Sustentabilidade urbana. Curitiba: Ibpex.
- OLIVEIRA, Carolina Bortolotti de (2010). A arte na engenharia do século XIX. Ornamento e estética arquitetônica nas obras de infraestrutura urbana. In: Encontro de História da Arte, 6. p. 93-102. Anais... Campinas: UNICAMP.
- SENAI. Departamento Regional do Rio Grande do Sul. (2007). Produção mais limpa em edificações. Porto Alegre: Centro Nacional de Tecnologias Limpas, SENAI
- SKINNER, B. F. (1973). O mito da liberdade. Rio de Janeiro: Editores Bloch S.A.
- VASCONCELLOS, Sylvio de (1979). Arquitetura no Brasil - Sistemas construtivos. Revisão e notas: Suzy de Mello. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais.

AUTORES

Mateus de Carvalho Martins: doutor e mestre em engenharia civil; engenheiro civil; artista plástico; professor do Departamento de Arquitetura, Urbanismo e Artes Aplicadas, da Universidade Federal de São João del-Rei; professor do Programa de Pós-Graduação em Artes, Urbanidades e Sustentabilidades da mesma universidade. Tem experiência na área de Engenharia Civil e Arquitetura, com ênfase em materiais, estruturas, sistemas estruturais, edificações históricas, materiais e estruturas em terra, técnicas de construção alternativas e sustentáveis, bioconstrução, permacultura, autoconstrução, cultura popular, artes cerâmicas. Currículo completo em: <http://lattes.cnpq.br/4714325705400318>.

Mateus Maia, arquiteto e urbanista pela Universidade Federal de São João del-Rei, ilustrador multimídia e pesquisador em história da arquitetura e urbanismo, com ênfase em arquitetura rural mineira. Ex voluntário do Programa Saberes da Terra, na Universidade de mesmo nome. Currículo completo em: <http://lattes.cnpq.br/0572599934150629>.



ENLUCIDOS CON ECHINOPSIS PACHANOI EN MUROS DE QUINCHA Y SU COMPORTAMIENTO TÉRMICO

Dario Huashuayo¹; Lesly Cornelio²; Miguel Zelaya³; Maria Teresa Mendez⁴

Universidad Ricardo Palma, Centro de Estudios para Comunidades Saludables (CECOS-BRIGURP), Lima, Perú

¹dariohuashuayo@gmail.com; ²kainacornelio@gmail.com; ³Mianzs121090@gmail.com; ⁴maria.mendez@urp.edu.pe

Palabras clave: mucílago de Sanqui, enlucido de tierra, técnica constructiva ancestral

Resumen

En los Andes del Perú se construye con tierra por herencia cultural, empleando aglomerantes naturales para los acabados a fin de mejorar su comportamiento frente a la intemperie. En la sierra del Perú, los pobladores del valle del Sodondo, Ayacucho (3.200 m de altitud) utilizan, el mucílago del cactus *Echinopsis pachanoi*, llamado sanqui, en la preparación de argamasa para enlucidos en edificaciones de tierra, sin que estos muestren fisuras y brindando confort térmico a pesar de las bajas temperaturas existentes en la zona. Así mismo, se ha encontrado rastros de su empleo tanto en el período Arcaico Temprano en Ayacucho, como en el Formativo Andino en Garagay, Lima, motivo por el cual, es importante recuperar, estudiar y documentar esta técnica ancestral para el conocimiento de futuras generaciones. El estudio consistió en realizar el enlucido de una edificación de quincha, en la ciudad de Lima, aplicando una mezcla de tierra, arena, agua y mucilago de sanqui en diferentes proporciones, trabajado de manera artesanal y, posteriormente aplicando el método científico de observación y uso de los materiales, in situ, realizar mediciones de temperatura. Esto a fin de sistematizar el procedimiento empleado y los respectivos resultados. Se concluyó que una mezcla de 4% de mucilago de sanqui, 9% de agua y 87% de tierra y arena para un enlucido de 1 ½" funciona como retardador térmico en un muro de quincha brindando confort en las horas más frías de la noche.

INTRODUCCIÓN

En los Andes del Perú se construyen, hasta la fecha, viviendas de tierra por herencia cultural y sin mayor conocimiento técnico. Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2017), el 47% de viviendas en el Perú están construidas a base de tierra, piedra y/o madera, siendo el adobe o tapia el segundo material más utilizado en las paredes exteriores de las viviendas particulares, representando el 27,9% del total de estas, correspondiendo el 2,4% a la Provincia de Lima. Estos conocimientos ancestrales se emplean no solo en la construcción de los muros de tierra bajo diferentes técnicas, sino también en el enlucido, para el cual se emplea una mezcla de tierra a la que se le adiciona algún aglomerante, con la finalidad de dar un buen acabado y mejorar su comportamiento frente a la intemperie. Esto, debido a que se sabe que la tierra no tiene un buen comportamiento frente a la humedad ambiental.

La ciudad de Lima cuenta con edificaciones y espacios urbanos que por su calidad y originalidad nos han hecho merecedores a una Declaración por la UNESCO como Patrimonio Cultural de la Humanidad. Estas edificaciones están construidas con adobe y quincha, y por su antigüedad requieren de permanente conservación, muchas de las cuales se encuentran en abandono por el desinterés o falta de recursos de sus propietarios. Es por este motivo de sumo interés probar mezclas naturales para enlucidos que, además de su bajo costo, puedan tener un adecuado comportamiento frente a la intemperie, sabiendo que el clima de Lima tiene una humedad relativa alta (diciembre 79% y, agosto/ septiembre

75%)¹, y que las normativas actuales exigen valores mínimos de aislamiento térmico para la envolvente de una edificación.

Según el Informativo de Nacional (23/06/2021), Nelson Quispe, subdirector de Predicción Meteorológica del Senamhi menciona que:

La llovizna es característica de la ciudad de Lima en el periodo invernal paulatinamente esto se hace frecuente hasta el mes de julio e inicio de agosto así que estamos en una condición típica de esta estación, tenemos que tener en cuenta la sensación de frío provocada por la alta concentración de humedad y el viento que hay.

El especialista así mismo indico que la sensación de frío es diferente a lo que registran los termómetros, pues generalmente la ciudad capital se ubica en 15°C, pero la sensación puede estar alrededor de los 11°C o 12°C.

Conocedores de este problema, en la búsqueda de una posible solución se encontró que en el valle del Sodondo, Región Ayacucho, a 3.200 m de altitud, existe hasta la fecha una técnica constructiva muy arraigada entre los pobladores del lugar, en la que se emplea un componente natural en la mezcla para enlucidos en muros de tierra, el que se emplea como aglutinante brindando dureza y estabilidad a la argamasa del enlucido, sin agrietarse. Este es el mucilago del Sanqui, comúnmente conocido como San Pedro y cuyo nombre científico es *Echinopsis pachanoi*, el cual es un cactus nativo de los Andes, que crece entre los 1.000 a 3.500 m de altitud, planta a la que los pobladores consideran como una amenaza para las zonas de cultivo y crianza de animales, debido a su rápida propagación entre los pastizales; lo que conlleva a que sea depredada por los agricultores sin ser aprovechada y se esté dejando de lado como técnica constructiva ancestral.

Según Choque-Quispe *et al.* (2018, s.p.):

las cactáceas constituyen una de las familias botánicas más abundantes en el Perú, encontrándose en todos los pisos altitudinales, en una gran cantidad de variedades...en muchas partes del mundo se hace uso de estas de muy distintas maneras y aplicaciones... como polímero natural... Algunos de ellos tienen propiedades coagulantes o floculantes...Una de las cactáceas que más ampliamente se ha usado en la coagulación es el género *Opuntia* (familia de las *Cactaceae*), se caracteriza por la producción de un hidrocoloide, conocido como mucilago...Otra cactácea que presenta propiedades coagulantes es el *Echinopsis pachanoi*, que tiene como nombre común "San Pedro" en algunas zonas del Perú.

El sanqui (*Echinopsis pachanoi*) es una planta muy arraigada socialmente en Ayacucho, cuyo empleo en la construcción en tierra data desde el "periodo arcaico temprano, cultura Guitarrero" (Lynch, 1980, mencionado por Feldman., 2006, p, 26). Así mismo, Feldman (2006) menciona antecedentes culturales del *Echinopsis pachanoi* tanto en la cultura Chavín como en Lima. Así también, Burger (1992, mencionado por Feldman, 2006, p.29), señala que se han encontrado evidencias del uso de *Echinopsis pachanoi* en los restos arqueológicos de Garagay, ocupados entre los años 1200-900 a.C, y que actualmente se encuentra dentro de la ciudad de Lima.

Para Ravines e Isbell (1975, mencionados por Feldman, 2006, p.30),

los arqueólogos que participaron de la excavación en el sitio sostiene [...] no hemos identificado con seguridad el médium de fijación empleado con los pigmentos, pero sospechamos que fue el zumo obtenido del San Pedro, cactus alucinógeno que contiene mescalina como principal agente activo.

El sanqui tiene como ventaja que puede soportar temperaturas muy por debajo de muchas otras especies, además de los antecedentes culturales del uso del mucilago en edificaciones de más de 3.500 años de antigüedad.

¹ <https://www.weather-atlas.com/es/peru/lima-clima>

En cuanto a la composición de los morteros, tanto algunos cronistas como tratados de construcción mencionan que estaban compuesto por tierra, cal y fibras (Minke, 2005), mientras que Vissac, Fontaine y Anger (2012, mencionados por Mileto *et al.*, 2017, p. 790) establecen el uso de aditivos clasificados en cuatro grandes grupos: polisacáridos, lípidos, proteínas y otras moléculas; sin embargo, no establecen las dosificaciones usadas para los aditivos y las características que estos les proporcionaban a los revestimientos.

Quiñonez y Villacorta (2019, p.26) mencionan acerca de la importancia de la impermeabilización

el Código Técnico de Edificación (CTE) establece en su Artículo 13 unas exigencias básicas de salubridad (HS), donde el objetivo del requisito básico “consiste en reducir a límites aceptables el riesgo de que los usuarios, dentro de los edificios y en condiciones normales de utilización, padezcan molestias o enfermedades, así como el riesgo de que los edificios se deterioren y que deterioren el medioambiente en su entorno inmediato

En el estudio sobre el comportamiento del mucilago de San Pedro en enlucidos con tierra, Méndez *et al.*, (2018, p.147-148) especifican el proceso empleado:

se combinó con tierra y arena en diferentes proporciones, hasta obtener una pasta. Se elaboraron varias muestras con diferentes proporciones de tierra, agua y arena, manteniéndose la misma proporción de aditivo (4% de mucilago de Sanqui) [...] la muestra con mejor acabado es la No. 6, debido a que presentó mayor dureza y tenacidad. Mezcla que fue trabajada con las siguientes proporciones: tierra 22%, arena 65%, agua 9% con una proporción común de mucilago de Sanqui del 4%.

OBJETIVO

Considerando el clima húmedo de la ciudad de Lima, frente a la conservación de las edificaciones de tierra, en el estudio se planteó analizar el comportamiento térmico y su actuación frente al intemperismo del enlucido de un muro de quincha con una mezcla de tierra y mucilago de sanqui, siguiendo las técnicas ancestrales, y a partir de los resultados sistematizar el proceso empleado, rescatando así esta técnica.

PROCEDIMIENTO

El presente estudio se inició con la construcción de un módulo de quincha en los ambientes de la Universidad Ricardo Palma, ubicada en el distrito de Santiago de Surco, Lima, Perú. Este módulo comprende tres ambientes, dos de los cuales cuentan con características de ubicación similares (1 y 3): un lado hacia la intemperie y otro hacia el interior, los cuales serán motivo del estudio.



Figura 1. Módulos de quincha para estudio (CECOS-BRIGURP, 2021)

Se empleó el método científico de observación y uso de los materiales, in situ. A uno de los ambientes se le aplico un enlucido con una mezcla de tierra y agua (1) y al otro (3), una mezcla de tierra, agua y mucilago de sanqui, siguiendo el proceso planteado por Méndez, *et al.* (2018) (figura 2) y cuyas proporciones empleadas se observa en la tabla 1, teniendo en cuenta que se usó la misma tierra de origen para las pruebas en ambos módulos.

Mediante pruebas in situ utilizando el método de observación se concluyó que la mezcla numero 6 es la que tenía mayor dureza y tenacidad (figura 3).



Figura 2. Proceso de preparación de la mezcla de tierra, agua y mucilago de sanqui (CECOS-BRIGURP, 2021)

Tabla 1. Proporción de materiales empleados para enlucido (Mendez *et al.*, 2018)

Mezcla	San Pedro	Agua	Tierra	Arena	Total
1	4%	9%	87%	0%	100%
2	4%	9%	44%	44%	100%
3	3%	10%	44%	44%	100%
4	4%	9%	29%	58%	100%
5	4%	9%	35%	52%	100%
6	4%	9%	22%	65%	100%
7	4%	9%	17%	70%	100%
8	3%	10%	22%	65%	100%
9	3%	10%	17%	70%	100%



Figura 3. Muestras de enlucidos (CECOS-BRIGURP, 2018)

Según Méndez *et al.* (2018), la muestra que presentó mayor dureza y tenacidad fue la de número 6 y fue esta la seleccionada para el estudio del comportamiento térmico del enlucido de la quincha.

Una vez finalizada la edificación se procedió a realizar las mediciones de temperatura interna de los ambientes 1 y 3 indicados en la figura 1. Se trabajó en los meses más fríos y con mayor humedad de la ciudad de Lima, para lo cual se preparó un dispositivo electrónico de medición de temperatura por sensores los cuales fueron colocados en el interior de cada una de las áreas del módulo por evaluar. Estos dispositivos permiten tomar la medición tanto de los paneles como la temperatura interna del área donde se encuentra.

La distribución elegida para los sensores son el área 1 y el área 3, debido a que el área 1 cuenta con una preparación de barro mientras que la 3 tiene el agregado del mucilago de sanqui. De esta manera se obtienen datos para la comparación de temperatura entre un módulo de barro y el otro con el agregado de sanqui.

En cada área por evaluar se cuenta con dos sensores de temperatura que miden tanto la temperatura de 2 lados de la habitación como la temperatura interna del área (figura 3).

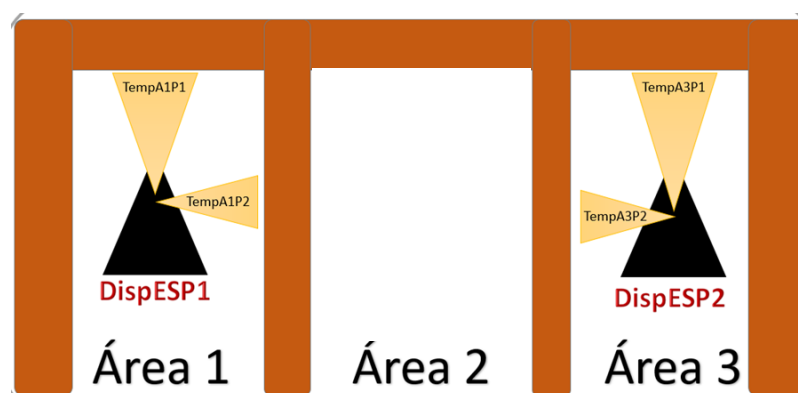


Figura 3: Distribución de los sensores en el módulo de quincha (CECOS-BRIGURP, 2021)

La información obtenida por ambos dispositivos se envía inalámbricamente por wifi a una computadora ubicada en la oficina del CECOS-BRIGURP, en la cual se ha instalado una interfaz gráfica que permite visualizar los datos obtenidos por los sensores de cada área de estudio. Esta, a su vez, permite realizar consultas por fecha, que se visualizan en la misma interfaz, así como, exportar el archivo a una tabla de Excel para un manejo más libre de la información por horas.

También se ha incluido, como parte de la data, las características climáticas presentadas en la ciudad de Lima, que ha variado entre 14,9°C y 20°C en los meses de agosto y setiembre, así como la humedad relativa que ha fluctuado entre el 80% y 90%.

RESULTADOS

En la figura 4 se observa las muestras más significativas tomadas durante el último periodo de evaluación comprendidas entre las 6:00 horas del 17 de setiembre a las 18:00 horas del 20 de setiembre tomadas de manera continua con intervalos de 10 minutos.

Dicha figura muestra los datos de temperatura obtenidos en el área 1 (T. Z1) tierra + agua y área 3 (T. Z3) tierra + agua + mucilago de sanqui. Como primer dato, la gráfica superior indica la temperatura del ambiente interior del área 1 con una línea color rojo oscuro y el área 3 con una línea color verde oscuro. Las curvas inferiores de dicha figura muestran la temperatura interior de los paneles T. Z1-A y T. Z1-B que pertenecen al área que tiene tierra + agua y de los paneles T. Z3-A y T. Z3-B que pertenecen al área que tiene tierra + agua + mucilago de sanqui.

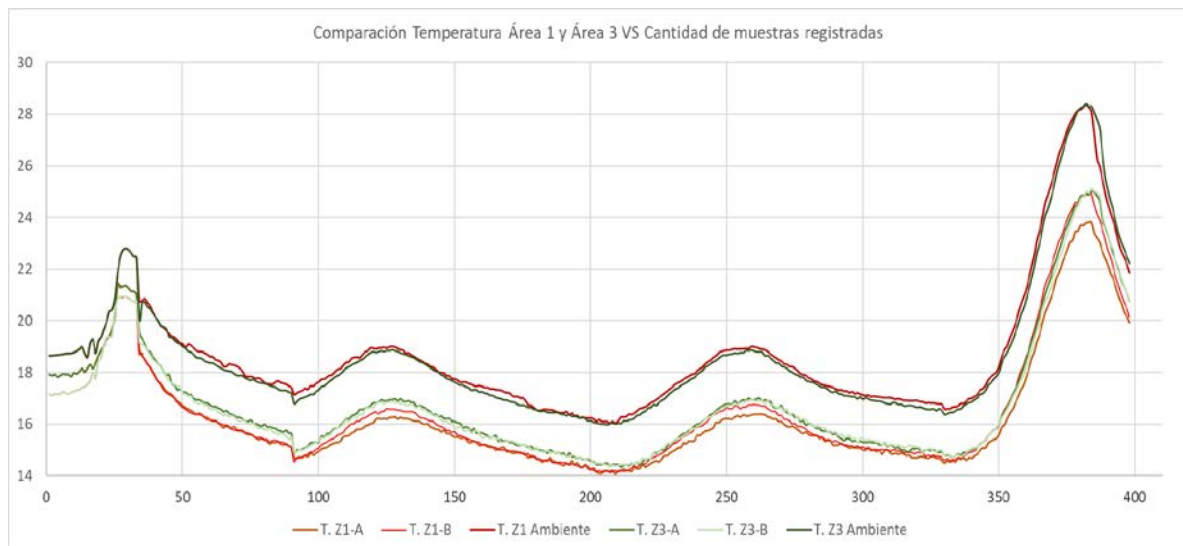


Figura 4: Gráfica de variación de temperaturas registradas (CECOS-BRIGURP, 2021)

En la gráfica se observa una variación de temperatura, obtenida por los sensores en las áreas 1 y 3 del módulo de quincha, donde el incremento de temperatura corresponde a las 15 horas aproximadamente y las de menor temperatura corresponde a las primeras de la mañana.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

C1. Las temperaturas más altas se han registrado aproximadamente a las 15 horas y las más bajas a las 9:00 horas. Se concluye que el enlucido de tierra con mucílago de sanqui ha funcionado como retardador térmico.

C2. Un enlucido de aproximadamente 4 cm (1½”) de espesor ha mantenido la temperatura interior durante las horas más frías (desde las 22:00 a las 5:00 horas).

C3. Se ha comprobado que la proporción de 4% de mucílago de sanqui empleada en la mezcla con 22% de tierra, 65% de arena y 9% de agua (N°6), no solo ha funcionado como aglutinante, sino que además mejora el comportamiento térmico y sus propiedades impermeabilizantes minimizan el ingreso de la humedad al ambiente.

C4. Se evidencia que los paneles de quincha que tienen un enlucido de tierra con mucílago de sanqui tienen un mejor comportamiento térmico que un panel de quincha con un enlucido convencional de tierra y agua.

R1. Se recomienda que, para un mejor comportamiento térmico en zonas muy frías, se debe probar el enlucido en un panel de quincha con un espesor de 7,5 cm (3”) aproximadamente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Choque-Quispe, D.; Choque-Quispe, J.; Solano-Reynoso, A M.; Ramos-Pachecy, B. S. (2018). Capacidad floculante de coagulantes naturales en el tratamiento de agua. Revista Tecnología Química, v.38, n.2. Santiago de Cuba: Universidad de Oriente

Feldman, L. (2006). El cactus san pedro: su función y significado em Chavín de Huántar y la tradición religiosa de los andes centrales. Lima, Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

INEI – Instituto Nacional de Estadística e Informática (2017) Características de las viviendas particulares y los hogares en Perú. Lima, Perú: Instituto Nacional de Estadística e Informática.

Méndez, M. T.; Huashuayo, D.; Cárdenas, L. F. (2018). Mucílago del cactus San Pedro como aditivo en el enlucido. In: Congreso Internacional de Arquitectura de Tierra, Tradición e Innovación, 15 (CIATTI 2018). Cúcuta, Colombia: Universidad de Valladolid, Cátedra Juan de Villanueva, p.145-148

Mileto, C.; Vegas, F.; García, L.; Cristini, V. (2017). Arquitectura vernácula y de tierra: conservación y sostenibilidad. Valencia, España

Minke, G. (2005). Manual de construcción de la tierra: una arquitectura sostenible. São Paulo: B4 Editores

Quiñonez O.; Villacorta C. (2019). Impermeabilización de la cubierta de las casas de adobe en la ciudad de Otuzco caracterizando un mortero a base de baba de nopal en el año 2018. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil. Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo-Perú.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Universidad Ricardo Palma por la confianza y el apoyo brindado para el desarrollo del proyecto pese a la situación actual de la pandemia. Así mismo agradecemos a la empresa SCTECH y al Ing. Juan Carlos Gonzales Levano por el desarrollo del sistema electrónico de medición de temperatura. Y a los alumnos de la URP que aportaron a la realización del proyecto Michael Nolasco Rivas, Kevin Rojas Alarcón, Elías Mitac Arevalo, Jessica Silva Salcedo y Maria Varas Condori.

AUTORES

Darío Huashuayo Tito, estudiante del décimo ciclo en la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Ricardo Palma. Miembro voluntario del Centro de Estudios para Comunidades Saludables CECOS BRIGURP.

Lesly Kaina Cornelio Correa, egresada de la Universidad Ricardo Palma en la especialidad de Arquitectura. Miembro voluntario del Centro de Estudios para Comunidades Saludables CECOS BRIGURP.

Miguel Ángel Zelaya Salvador, estudiante del octavo ciclo en la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Ricardo Palma. Miembro voluntario del Centro de Estudios para Comunidades Saludables CECOS BRIGURP.

María Teresa Méndez Landa, doctora en educación por USMP, arquitecta UNI. Docente de las facultades de arquitectura e ingeniería - Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú. Coordinadora del Centro de Estudios para Comunidades Saludables URP. Especialista en Gestión de Riesgos por Desastres. Docente asesora y coordinadora del proyecto.

AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO TÉRMICO DE FORROS DE HIS PRODUZIDAS COM ADOBE NO CEARÁ

Rafael Costa da Silva¹, Levi Teixeira Pinheiro², Bárbara Rangel Carvalho³

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, campus Quixadá, CE, Brasil,

¹rafael.costa.silva06@aluno.ifce.edu.br; ²levi.teixeira@ifce.edu.br

³ Universidade do Porto, Portugal, brangel@fe.up.pt

Palavras-chave: simulação, cobertura, envoltória, conforto, absorvância

Resumo

Tendo em vista que conforto térmico parte da sensação de neutralidade do indivíduo, em que não se deseje nem mais calor nem mais frio, considera-se que o conforto térmico de uma residência é fator diretamente relacionado com a eficiência energética, pois o mesmo contribui com a diminuição do gasto de energia, tanto no acondicionamento como no aquecimento. Desta forma para que se alcance o conforto térmico, é preciso adequar a envoltória para cada clima onde se situa a habitação. A partir desta premissa a NBR 15220 dividiu o Brasil em diferentes zonas bioclimáticas com diferentes estratégias bioclimáticas. O objetivo deste artigo é realizar uma análise de desempenho térmico de variados tipos de forros com diferentes absorvâncias da cobertura de uma edificação com adobe, através de simulação computacional. A metodologia abordada neste estudo partiu de uma revisão bibliográfica, posteriormente de simulações computacionais tendo como modelo uma edificação padrão de habitação social do Ceará. Os experimentos foram realizados em três cidades cearenses pertencentes às zonas bioclimáticas 5, 7 e 8. Por fim, nota-se que na zona 5, por ser uma zona de clima mais frio do que as demais e com moderada amplitude térmica, a laje pré-moldada foi a situação com melhores resultados de conforto, já para as zonas 7 e 8, com climas mais quentes, o forro de PVC foi aquele que apresentou melhores índices de desempenho térmico. Em virtude dos dados analisados, pode-se destacar a importância da escolha certa da envoltória em benefício de obter uma edificação com desempenho térmico eficiente, acarretando diminuição do gasto energético e aumento da satisfação de conforto dos usuários.

1 INTRODUÇÃO

Em razão da crise de petróleo na década de 1970, começou-se a busca por alternativas que pudessem diminuir o consumo energético, principalmente no ambiente construído. Segundo Agopyan e John (2011), as edificações detêm cerca de 44% do consumo de energia elétrica, sendo as residências responsáveis por 50% desse consumo. Neste aspecto, desenvolver alternativas e modelos para redução do gasto energético nas edificações, proporcionando melhor qualidade de vida aos usuários e diminuindo o consumo de energia, aliada a estratégias bioclimáticas, podem favorecer para a execução de habitações mais sustentáveis.

Observando o cenário atual, nota-se que habitações de interesse social (HIS) são construídas sem planejamento adequado para cada região do país, o que compromete o conforto térmico dos usuários. Agopyan e John (2011) apontam que estratégias na redução do gasto energético devem respeitar as necessidades climáticas de cada região. Para Siqueira *et al.* (2005), uma habitação com bom desempenho térmico, potencializa a redução do consumo energético, principalmente em HIS, por se caracterizar uma população que tem poucos recursos para condicionamento da habitação.

No que diz respeito ao conforto térmico, a norma brasileira NBR 15220-1 (2005) define, como satisfação psicofisiológica de um indivíduo, as condições térmicas do ambiente. Devido ao ser humano possuir certa aclimatização da região onde vive, o conforto térmico dos indivíduos depende do clima da região. Para Risdén (2018), devido ao tema possuir

diversos conceitos pessoais, os pontos mais importantes e pertinentes compreendem a vestimenta e a atividade física do indivíduo. Esses fatores afetam diretamente a adaptação do organismo ao ambiente e causam forte influência na determinação do conforto térmico.

Devido a importância do conforto térmico, estratégia bioclimática depende de cada clima específico para desempenhar melhor eficiência ao desempenho térmico da edificação. Por conta disso é necessário conhecer as particularidades das zonas bioclimáticas (ZB) brasileiras, que se caracterizam como uma região geográfica homogênea quanto aos elementos climáticos que interferem nas relações entre ambiente construído e conforto humano. Esse conceito de ZB também está presente no regulamento técnico da qualidade para o nível de eficiência energética edificações residenciais (PROCEL, 2012).

Como estratégia térmica de baixo custo e de caráter sustentável, tem-se a alvenaria de adobe, uma técnica milenar que usa a terra e água para confecção do adobe, moldado em formas de madeira. Sua produção, manual ou mecanizada, pode conter fibras naturais adicionadas na mistura. Sua utilização pode ser empregada em diversos tipos de edificações, mas também possui o potencial de ser utilizado em sistemas construtivos diferentes como coberturas em abóbadas e cúpulas (Silva, 2000; Neves; Faria, 2011).

Segundo pesquisas realizadas, o adobe possui fortes características que influenciam no conforto térmico, contribuindo para o aumento da inércia térmica da habitação, por conter uma baixa transmitância térmica e elevada capacidade térmica como constatado por Francisco (2009). Todavia, Desogus *et al.* (2014) enfatiza que, em regiões temperadas, a cobertura oferece maior influência térmica do que as paredes. Neste aspecto, para que a edificação tenha um melhor desempenho térmico, é necessário a interação do adobe com outros métodos construtivos, como coberturas e forros, na busca de encontrar um sistema de envoltória satisfatório para cada ZB, que garanta o máximo de conforto térmico para os usuários.

2 OBJETIVOS

Avaliar a influência de diferentes tipos de forros no comportamento térmico da habitação de interesse social construída com adobe nas zonas bioclimáticas 5, 7 e 8 que compõem o Estado do Ceará.

3 METODOLOGIA

Para avaliar a influência de forros no comportamento térmico da edificação, em diferentes zonas bioclimáticas brasileiras, zonas 5, 7 e 8, adotou-se o projeto arquitetônico da habitação padrão INCRA (figura 1). As simulações foram realizadas no cômodo estar/jantar/cozinha, especificamente por não conter portas entre os espaços a assim identificar esta área com um único ambiente.

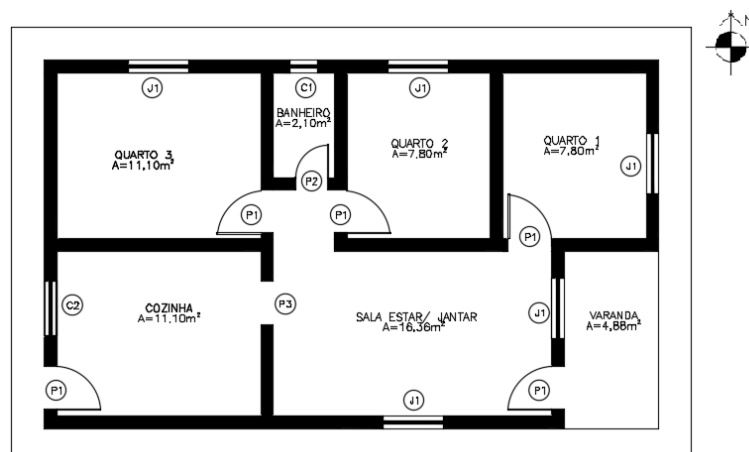


Figura 1. Planta baixa do modelo INCRA

Foram avaliadas quatro tipos de forro -sem forro, laje pré-moldada, gesso e PVC- nas três diferentes ZB - 5, 7 e 8, predominantes no Estado do Ceará.

As ZBs citadas seguem a classificação proposta por Koppen¹, utilizando-se dos parâmetros observados por Peel *et al.* (2007) e Thornthwaite² (1948). O município de Guaramiranga, que representa a ZB-5, possui um clima peculiar, tropical com inverno seco e subúmido chuvoso; o município de Crateús, representando a ZB-7, apresenta características de clima seco, semiárido e quente, e, por fim, a ZB-8, representada pelo município de Fortaleza, que possui a característica climática tropical, subúmido seco.

A modelagem foi desenvolvida no programa *Open Studio*, cujas simulações, no *EnegyPlus*, geraram os dados de temperatura operativa dos cômodos de permanência da edificação, levando em consideração cada material utilizado no experimento e temperatura externa de cada zona bioclimática. Os dados climáticos, extraídos do site do laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LabEEE) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), apresentam arquivos climáticos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) compatíveis a plataforma Energy PLUS (Projeteee, 2021).

A NBR 15575-5 (2021) traz critérios de desempenho para coberturas em limites mínimo, intermediário e superior. No entanto, esse trabalho busca avaliar o desempenho da edificação em horas de conforto. Para isto, utilizaram-se os requisitos da norma americana *ASHRAE Standart 55*³ (2017) para determinar temperatura operativa neutra, e a zona de conforto de cada ZB (equação 1), considerando que a zona de conforto é a soma de $\pm 2,5^{\circ}\text{C}$ da temperatura operativa neutra, representada, neste intervalo, a satisfação de 90% dos usuários (Dear *et al.*, 1997),

$$T_{on} = 17,8 + 0,31 tmm \quad (1)$$

Onde: T_{on} : temperatura operativa neutra ($^{\circ}\text{C}$)

tmm : temperatura média mensal do ar externo ($^{\circ}\text{C}$)

A zona de neutralidade, ou zona de conforto, é o intervalo entre o limite superior ($T_{on} + 2,5^{\circ}\text{C}$) e limite inferior ($T_{on} - 2,5^{\circ}\text{C}$). As temperaturas acima do limite superior são consideradas como desconforto por calor, e, abaixo do limite inferior, consideradas como desconforto por frio.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados para análise do comportamento térmico de habitações de interesse social para as zonas bioclimáticas brasileiras 5, 7 e 8, representadas pelas cidades de Guaramiranga, Crateús e Fortaleza respectivamente foram, foram obtidos durante as simulações computacionais realizadas por meio do Energy Plus. Foram gerados por 8760 horas de registros e análises de temperaturas de um ano típico. A edificação foi modelada no *Open Studio* a partir do projeto arquitetônico de uma edificação rural, com 70m² e a simulação termo energéticas ocorreu no ambiente que representa a sala de estar, jantar e cozinha; com área de 27,5m².

Cada zona bioclimática em estudo possui suas características peculiares em relação ao seu tipo de clima, o que reflete diretamente nos resultados de simulação. A tabela 1 apresenta a caracterização climática das zonas.

¹ Classificação climática que considera a sazonalidade e os valores médios anuais de mensais de temperatura de ar e precipitação

² Classificação climática que considera índices de umidade, de eficiência térmica, de suprimento de água (aridez) e concentração de eficiência térmica no verão

³ A versão atualizada da ASRAE (2020) indica novos métodos de cálculo da temperatura operativa, mas que não foram consideradas neste trabalho

Tabela 1. Caracterização climática das cidades estudadas segundo Koppen e Thorthwaite

Cidade	Altitude	Distância do litoral	Koppen	Thorthwaite	ZB
Guaramiranga	800m	105km	Aw – tropical com inverno seco	C2 – sub úmido chuvoso	5
Crateús	274m	350km	BSh – Seco, árido e quente	D – Semiárido	7
Fortaleza	21m	0km	Aw – tropical com inverno seco	C1 – sub úmido seco	8

4.1 Caracterização dos modelos e variáveis adotados

A partir do modelo padrão INCRA foram avaliadas a variação da capacidade e transmitância térmica nas situações distintas relativas a quatro tipos de forro: sem forro, laje pré-moldada, gesso e PVC, visando.

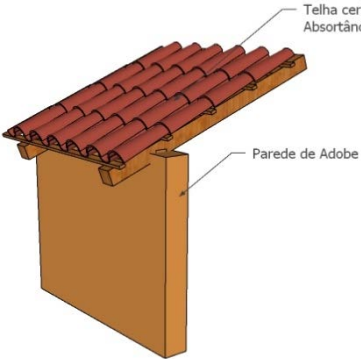
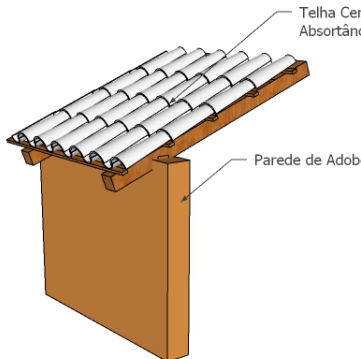
Os valores básicos considerados em todas as situações correspondem parede de adobe com espessura de 17cm revestida com argamassa de cal, com $U = 2,54 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, $C_T = 277,76 \text{ kJ}/\text{m}^2\text{K}$, e absorvância 0,2⁴. De modo a variar a absorvância (α), foram usadas telhas com pigmentação de cor natural e de cor branca. Na modelagem considerou-se a ventilação natural, com uma troca de ar por hora.

A tabela 2 apresenta as propriedades térmicas dos materiais utilizados na cobertura (forro e telhado) e, a tabela 3 apresenta as especificações da cobertura com os três tipos de forro estudados e telhado com telha cerâmica com absorvância de 75% e 20%

Tabela 2. Propriedade dos materiais adotados

Parte da habitação	Material	Condutividade térmica ⁴ W/mk	Massa específica aparente kg/m ³	Calor específico J/kgK	Absorvância α
Cobertura	Telha cerâmica	0,9	1450	920	0,20 e 0,75
	Laje pré-moldada	0,9	1450	920	-
	Forro PVC	0,2	1300	960	-
	Forro de gesso	0,35	1000	840	-
Parede	Adobe	0,8	1600	1000	0,20

Tabela 3. Especificações das coberturas dos modelos simulados

											
<ul style="list-style-type: none"> Cobertura 1cm -α75% Sem forro 	<table border="1"> <thead> <tr> <th>U [W/(m²K)]</th> <th>C_T [kJ/m²K]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>4,55</td> <td>18,0</td> </tr> </tbody> </table>	U [W/(m ² K)]	C _T [kJ/m ² K]	4,55	18,0	<ul style="list-style-type: none"> Cobertura 1cm α20% Sem forro Parede de adobe 17cm 	<table border="1"> <thead> <tr> <th>U [W/(m²K)]</th> <th>C_T [kJ/m²K]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>4,55</td> <td>18,0</td> </tr> </tbody> </table>	U [W/(m ² K)]	C _T [kJ/m ² K]	4,55	18,0
U [W/(m ² K)]	C _T [kJ/m ² K]										
4,55	18,0										
U [W/(m ² K)]	C _T [kJ/m ² K]										
4,55	18,0										

⁴ U corresponde à transmitância térmica; C_T corresponde a capacidade térmica do componente

• Parede de adobe 17cm															
<p>Telha cerâmica Absortância 75%</p> <p>Câmara de AR</p> <p>Laje Pré - moldada</p> <p>Parede de Adobe</p>		<p>Telha Cerâmica Absortância 20%</p> <p>Câmara de AR</p> <p>Laje Pré - moldada</p> <p>Parede de Adobe</p>													
<ul style="list-style-type: none"> • Cobertura 1cm - α75% • Laje pré-moldada 12cm • Parede de adobe 17cm 	<table border="1"> <thead> <tr> <th>U</th> <th>C_T</th> </tr> <tr> <th>[W/(m²K)]</th> <th>[kJ/m²K]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1,75</td> <td>391,26</td> </tr> </tbody> </table>	U	C _T	[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]	1,75	391,26	<ul style="list-style-type: none"> • Cobertura 1cm - α20% • Laje pré-moldada 12cm • Parede de adobe 17cm 	<table border="1"> <thead> <tr> <th>U</th> <th>C_T</th> </tr> <tr> <th>[W/(m²K)]</th> <th>[kJ/m²K]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1,75</td> <td>391,26</td> </tr> </tbody> </table>	U	C _T	[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]	1,75	391,26
U	C _T														
[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]														
1,75	391,26														
U	C _T														
[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]														
1,75	391,26														
<p>Telha cerâmica Absortância 75%</p> <p>Câmara de AR</p> <p>Forro de Gesso</p> <p>Parede de Adobe</p>		<p>Telha Cerâmica Absortância 20%</p> <p>Câmara de AR</p> <p>Forro de Gesso</p> <p>Parede de Adobe</p>													
<ul style="list-style-type: none"> • Cobertura 1cm - α75% • Gesso 2cm • Parede de adobe 17cm 	<table border="1"> <thead> <tr> <th>U</th> <th>C_T</th> </tr> <tr> <th>[W/(m²K)]</th> <th>[kJ/m²K]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2,04</td> <td>28,76</td> </tr> </tbody> </table>	U	C _T	[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]	2,04	28,76	<ul style="list-style-type: none"> • Cobertura 1cm - α20% • Gesso 2cm • Parede de adobe 17cm 	<table border="1"> <thead> <tr> <th>U</th> <th>C_T</th> </tr> <tr> <th>[W/(m²K)]</th> <th>[kJ/m²K]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2,04</td> <td>28,76</td> </tr> </tbody> </table>	U	C _T	[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]	2,04	28,76
U	C _T														
[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]														
2,04	28,76														
U	C _T														
[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]														
2,04	28,76														
<p>Telha cerâmica Absortância 75%</p> <p>Câmara de AR</p> <p>Forro PVC</p> <p>Parede de Adobe</p>		<p>Telha Cerâmica Absortância 20%</p> <p>Câmara de AR</p> <p>Forro PVC</p> <p>Parede de Adobe</p>													
<ul style="list-style-type: none"> • Cobertura 1cm - α75% • PVC 2cm • Parede de adobe 17cm 	<table border="1"> <thead> <tr> <th>U</th> <th>C_T</th> </tr> <tr> <th>[W/(m²K)]</th> <th>[kJ/m²K]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1,74</td> <td>21,4</td> </tr> </tbody> </table>	U	C _T	[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]	1,74	21,4	<ul style="list-style-type: none"> • Cobertura 1cm - α20% • PVC 2cm • Parede de adobe 17cm 	<table border="1"> <thead> <tr> <th>U</th> <th>C_T</th> </tr> <tr> <th>[W/(m²K)]</th> <th>[kJ/m²K]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1,74</td> <td>21,4</td> </tr> </tbody> </table>	U	C _T	[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]	1,74	21,4
U	C _T														
[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]														
1,74	21,4														
U	C _T														
[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]														
1,74	21,4														

Nota-se que as envoltórias simuladas correspondem as valores admissíveis de transmitância térmica apresentadas na NBR 15.575-4 (2013) exceto a situação sem forro, que apresenta valores mais altos, o que pode ser verificado na tabela 4.

Tabela 4. Valores máximos admissíveis da transmitância térmica da cobertura (NBR 15.575, 2013)

Transmitância térmica (U) W/m ² K				
Zonas 1 e 2	Zonas 3 a 6		Zonas 7 e 8	
U ≤ 2,3	α ≤ 0,6	α > 0,6	α ≤ 0,4	α > 0,4
	U ≤ 2,3	U ≤ 1,5	U ≤ 2,3FV	U ≤ 1,5FV

α é a absorvância à radiação solar da superfície externa da cobertura
 NOTA: o fator de ventilação (FV) é estabelecido na ABNT NBR 15550-2

4.2 Análise do desempenho térmico nas zonas bioclimáticas 5, 7 e 8

Compararam-se as variáveis construtivas, no período de verão e inverno, destacando o desempenho da edificação em horas de conforto, desconforto por calor e desconforto por frio em três cidades distintas: Guaramiranga, Crateús e Fortaleza, correspondentes às zonas bioclimáticas 5, 7 e 8. Em seguida, foi avaliado um dia crítico de verão, no qual se registrou a temperatura mais elevada, no intuito de verificar os efeitos de cada forro no atraso térmico e amortecimento do pico de temperatura interna.

As tabelas 5, 6 e 7 apresentam os percentuais de horas de conforto, frio e calor nas três cidades (ZB diferentes) para as duas condições de absorvância (20% e 75%) na condição de verão e inverno e tipo de forro estudado.

Guaramiranga ZB-5

Observa-se para a ZB-5, com clima tropical com inverno seco e subúmido chuvoso, a situação com forro de laje pré-moldada combinada a cobertura com $\alpha = 0,75$, apresentando maior conforto térmico, tanto no verão, com 76% das horas em conforto, como no inverno, 59% das horas em conforto. Essa constatação dar-se devido ao fato deste tipo de forro apresentar a maior inércia térmica com $C_T = 391,26$ kJ/m²K. Para este cenário a cobertura com maior absorvância obteve maiores percentagens de conforto, devido ao clima frio desta ZB. uma vez que absorvâncias maiores absorvem mais calor, aumentando a temperatura interna e deixando o ambiente em conforto. Vale ressaltar que somente a situação sem forro apresentou desconforto por calor devido sua elevada transmitância térmica $U = 4,55$ W/(m²K).

Tabela 5. Resumo do desempenho térmico ZB-5: verão x inverno

Cidade	Estação	Forro	Absorvância	Horas de conforto	Horas de frio	Horas de calor
Guaramiranga	Verão	Sem forro	0,75	45%	41%	13%
			0,20	26%	73%	0%
		Laje pré-moldada	0,75	76%	22%	2%
			0,20	46%	54%	0%
		Gesso	0,75	74%	25%	0%
			0,20	43%	57%	0%
		PVC	0,75	71%	29%	0%
			0,20	44%	56%	0%
	Inverno	Sem forro	0,75	42%	49%	9%
			0,20	21%	79%	0%
		Laje pré-moldada	0,75	59%	41%	0%
			0,20	25%	75%	0%
		Gesso	0,75	55%	45%	0%
			0,20	28%	72%	0%
PVC	0,75	51%	49%	0%		
	0,20	27%	73%	0%		

Para ZB-5 nota-se uma quantidade excessiva de horas de desconforto por frio em todo o ano, ficando mais acentuado esse desconforto no mês de julho e mais grave com cobertura $\alpha = 0,20$, essa característica pode ser vista em todos os cenários estudados nesta ZB. Isso ocorre devido à menor absorção de calor causada pela baixa absorvância da cobertura. Nesta situação, esse fator, combinado com a transmitância térmica baixa, ocasiona desconfortos por frio mais acentuados para esta situação. Na envoltória com laje pré-moldada com telha com $\alpha = 0,75$, foi a situação com melhores índices de conforto térmico variando-se entre 46% (menor índice, no mês de julho) e 84% (maior índice, no mês de janeiro).

Desta forma, para que a edificação obtenha melhores índices de conforto, será necessário um gasto energético considerável, tendo em vista que as situações propostas, na ZB-5 apresentaram baixas horas de conforto térmico. Como verificado os valores máximos atingidos foi de 76 % (verão) e 59% inverno, valores moderados. A partir do comportamento das variáveis acredita-se que podem ser melhorados com coberturas e paredes com absorvâncias mais elevadas. Assim como paredes espessas com elevadas capacidades térmicas.

Analisando um dia crítico de verão, quando se registrou a temperatura máxima externa de $28,44^{\circ}\text{C}$, em que a norma NBR 15575-1 (2021) apresenta que $T_{I,Max} \leq T_{E,Max}$ como desempenho mínimo de conforto térmico. Para o dia crítico analisado pode-se perceber o atraso térmico e amplitude térmica de cada situação simulada, onde a situação sem forro com $\alpha = 0,75$ não obteve o desempenho necessário com base na norma, ficando-se destoadado das demais situações, mas quando analisado a cobertura com $\alpha = 0,20$, nota-se que todas as situações: sem forro, laje pré-moldada, gesso e PVC; obtiveram resultados satisfatórios quanto ao desempenho térmico. Desta forma é possível perceber um amortecimento das curvas, causando uma diminuição das temperaturas internas e deixando o desempenho da edificação em nível intermediário (figura 2).

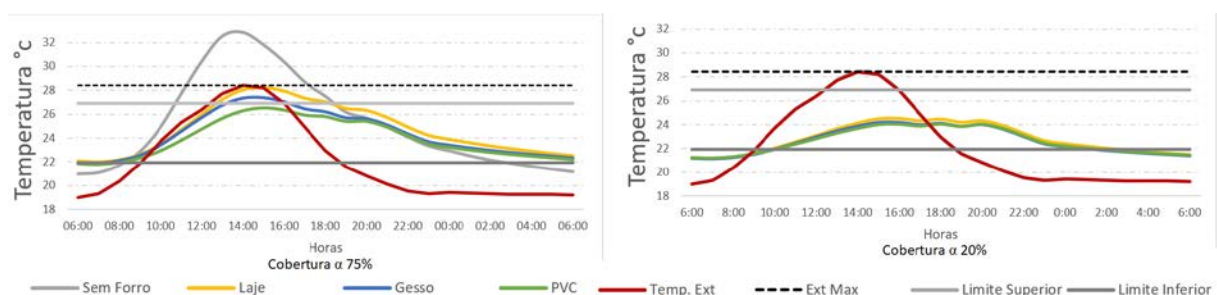


Figura 2. ZB-5, Dia que apresentou maior temperatura do ano $28,44^{\circ}\text{C}$ – 12 de janeiro às 14:00 horas

4.2.2 Zona bioclimática 7: Crateús

A ZB-7 detém temperaturas mais elevadas, por possuir um clima seco e semiárido. Para esta zona a NBR 15220 (ABNT, 2005) recomenda o uso de coberturas pesadas, ou seja, massa térmica elevada. Porém, o forro de PVC apresentou ligeiramente melhores resultados de conforto em relação à laje pré-moldada que apresenta maior massa térmica que o PVC. Nota-se que, nesta ZB, a envoltória com forro de PVC apresentou mais horas de conforto, tanto no verão com 76% de conforto, como no inverno 91% de conforto. Esse desempenho do forro de PVC frente aos outros forros é devido sua baixa $C_T = 21,4 \text{ kJ/m}^2\text{K}$, regulando a temperatura do ambiente de forma mais eficiente (tabela 6).

Nesta ZB destacam-se também os melhores resultados de conforto nas situações de baixa absorvância. No clima quente de Crateús, com temperaturas elevadas, a absorvância 0,2 mostrou-se relevante em colocar o ambiente em conforto. Esse fato ocorre devido 80% do calor ser refletido, impedindo a cobertura de ganhar calor.

Tabela 6. Resumo do desempenho térmico ZB 7: verão x inverno

Cidade	Estação	Forro	Absortância	Horas de conforto	Horas de frio	Horas de calor
Crateús	Verão	Sem forro	0,75	45%	3%	52%
			0,20	61%	6%	33%
		Laje pré-moldada	0,75	46%	0%	54%
			0,20	73%	1%	26%
		Gesso	0,75	49%	0%	51%
			0,20	74%	1%	25%
		PVC	0,75	53%	0%	47%
			0,20	76%	1%	23%
	Inverno	Sem forro	0,75	50%	5%	45%
			0,20	69%	11%	19%
		Laje pré-moldada	0,75	59%	0%	41%
			0,20	88%	1%	11%
		Gesso	0,75	64%	0%	36%
			0,20	90%	1%	9%
PVC	0,75	71%	0%	29%		
	0,20	91%	0%	8%		

Para análise do dia crítico de verão na ZB-7 quando apresentou a maior temperatura do ano $37,67^{\circ}\text{C}$, onde a situação sem forro com $\alpha=0,75$ não obteve o desempenho necessário com base na norma NBR 15575, ficando em períodos do dia com temperaturas mais altas que a temperatura externa, as situações laje pré-moldada e gesso apresentaram mais do que 3°C a menos em relação a temperatura externa, colocado esses sistemas em nível intermediário de desempenho, já o PVC apresentou $T_{i,Max} \leq T_{E,Max}$ variando-se em 4°C colocando a classificação desse sistema em nível de desempenho superior.

Quando analisado a cobertura com $\alpha = 0,20$, nota-se que a baixa absorção de calor em todas as situações: sem forro, laje pré-moldada, gesso e PVC; acarretou em melhores resultados quanto ao desempenho térmico, pois todos os sistemas apresentaram temperaturas mais baixas em relação a temperatura externa mais do que 4°C , colocando esses sistemas em nível de desempenho superior. É possível perceber um amortecimento dos picos de temperaturas e a presença de um atraso térmico maior em relação ao sistema com $\alpha = 0,75$ (figura 3).

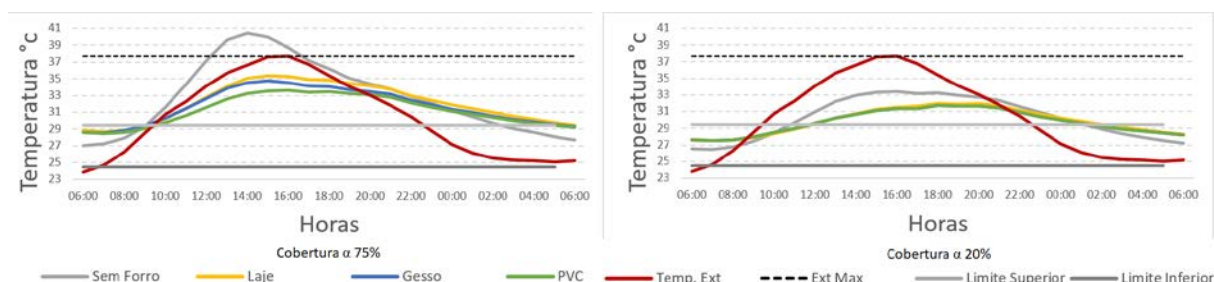


Figura 3. ZB-7, Dia que apresentou maior temperatura do ano $37,67^{\circ}\text{C}$ – 07 de janeiro as 16:00 horas (Crédito: R. Costa)

Com base nos dados de simulação, percebe-se que Crateús, por apresentar temperaturas mais elevadas, a situação sem forro com cobertura $\alpha = 0,75$ apresentou uma baixa eficiência em horas de conforto, por não conter nenhum artifício que possibilite o armazenamento de calor. Diferentemente das situações com algum tipo de forro, que ampliou as horas de conforto, principalmente nos meses mais frios.

Já quando se altera a composição da envoltória colocando uma cobertura com menor absortância, o ganho em horas de conforto é bem considerável. Revelando que a utilização de cores mais claras para coberturas tem forte relevância no conforto térmico para este

clima específico, o que corresponde aos critérios de coberturas quanto à transmitância térmica presentes na NBR 15575-5 (2013), onde os valores máximos recomendados para a transmitância térmica (U) para zona 7 é menor que $\alpha = 0,4$.

Esse efeito causado por coberturas com uma absorvância mais baixa em uma ZB que apresenta temperaturas altas, como a ZB-7, ocorre por conta da menor absorção de calor pela a envoltória, que ajuda na maior dissipação da radiação solar. Esses fatores possibilitam maior conforto térmico na HIS. As paredes apresentam boa contribuição, já que o adobe possui transmitância térmica moderada $2,54 \text{ W/m}^2\text{K}$ e elevada capacidade $277,76 \text{ kJ/m}^2\text{K}$, impedindo que o ambiente interno ganhe calor.

4.2.3 Zona bioclimática 8: Fortaleza

As características climáticas da ZB-8, que possui um clima tropical subúmido seco, combinadas com as composições das envoltórias simuladas nesta pesquisa, demonstraram que a edificação apresentou horas de conforto consideráveis, ficando mais de 50% em horas de conforto em todos os cenários. Vale ressaltar que, nesta ZB, foi onde se registraram as maiores porcentagens de horas de conforto, chegando a 100% nas situações com absorvância 0,2 com os forros de laje pré-moldada, gesso e PVC. Entretanto, foi nesta mesma ZB, que se observaram os menores índices de desconforto por frio, devido a menor amplitude térmica, proporcionado a regulação do ambiente interno de forma mais eficiente.

Na ZB-8, a simulação mostra que a cobertura que apresentou o pior desempenho térmico, com 55% de conforto registrado no verão, foi a situação sem forro e telha com $\alpha = 0,75$. Esse fato dar-se devido à falta de uma câmara que serviria de isolante térmico para a edificação. Justificado também pelo maior índice de desconforto por calor de 44% na situação sem forro. No inverno, para a cobertura com $\alpha = 0,20$, nas situações laje pré-moldada, forro de gesso e de PVC, registraram-se 100% de horas de conforto na edificação. Este fato revela que cores claras e menores transmitâncias correspondem a melhores resultados de conforto para Fortaleza.

Tabela 7. Resumo do desempenho térmico ZB-8: verão x inverno

Cidade	Estação	Forro	Absortância	Horas de conforto	Horas de frio	Horas de calor
Fortaleza	Verão	Sem forro	0,75	55%	1%	44%
			0,20	78%	2%	20%
		Laje pré-moldada	0,75	57%	0%	43%
			0,20	89%	0%	11%
		Gesso	0,75	61%	0%	39%
			0,20	92%	0%	8%
		PVC	0,75	68%	0%	32%
			0,20	94%	0%	6%
	Inverno	Sem forro	0,75	58%	1%	41%
			0,20	86%	2%	12%
		Laje pré-moldada	0,75	61%	0%	39%
			0,20	99%	0%	1%
		Gesso	0,75	66%	0%	34%
			0,20	100%	0%	0%
PVC		0,75	74%	0%	26%	
		0,20	100%	0%	0%	

No dia crítico de verão a ZB-8 verificou-se a maior temperatura externa do ano de $32,18^\circ\text{C}$, vale ressaltar que situação sem forro com $\alpha = 0,75$ obteve o maior pico de temperatura 37°C . O gráfico mostra que apenas o forro de PVC apresentou temperatura interna menor que a externa máxima, mas essa diferença ficou menor que 2°C . Essa constatação evidencia o resultado de conforto causado pelo PVC frente aos outros tipos de forro. Desta forma o desempenho desse cenário ficou em nível mínimo (ver figura 4).

Quando analisado a cobertura com $\alpha = 0,20$, nota-se um amortecimento dos picos de temperaturas e a presença de um atraso térmico maior, cerca de cinco horas (figura 4). Esse efeito, ocorrido neste dia crítico, evidencia os maiores índices de conforto para ZB ao longo do ano, pois a baixa absorção de calor causado por uma absorvância menor proporcionou as situações com gesso e PVC a registrarem melhores resultados de desempenho térmico.

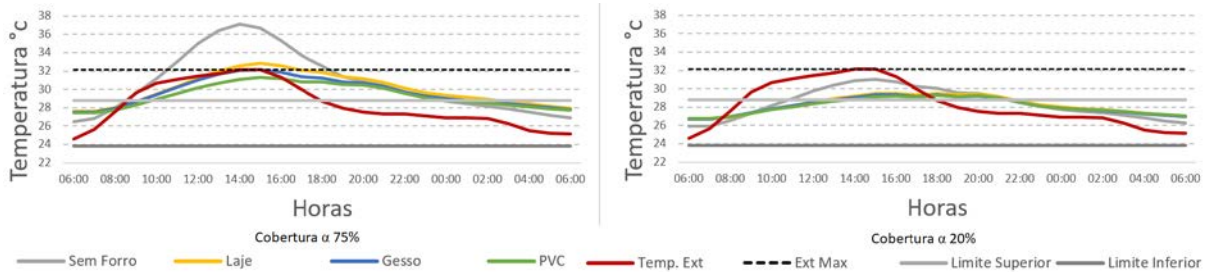


Figura 4. ZB-8, Dia que apresentou maior temperatura do ano 32,18°C – 05 de janeiro as 15:00 horas

4.3 Horas de conforto ao logo do ano por tipo de forro

Para efeito de comparação das envoltórias em cada zona bioclimática estuda, e pegando os resultados de horas de conforto das três zonas em todos os meses do ano analisando primeiramente $\alpha = 0,75$ (figura 5). Desta forma, podem-se destacar as diferenças de desempenho entre as cidades de Guarimiranga, Crateús e Fortaleza. Nota-se que em Guarimiranga, para os forros laje pré-moldada, gesso e PVC, nos meses de setembro a dezembro, as horas de conforto apresentaram maiores porcentagens de conforto em comparação com Crateús e Fortaleza. Esse fato decorre devido Guarimiranga necessitar de temperaturas mais altas, e mais capacidade térmica para ficar em conforto. Por esse aspecto, a laje pré-moldada obteve melhores índices de conforto em Guarimiranga.

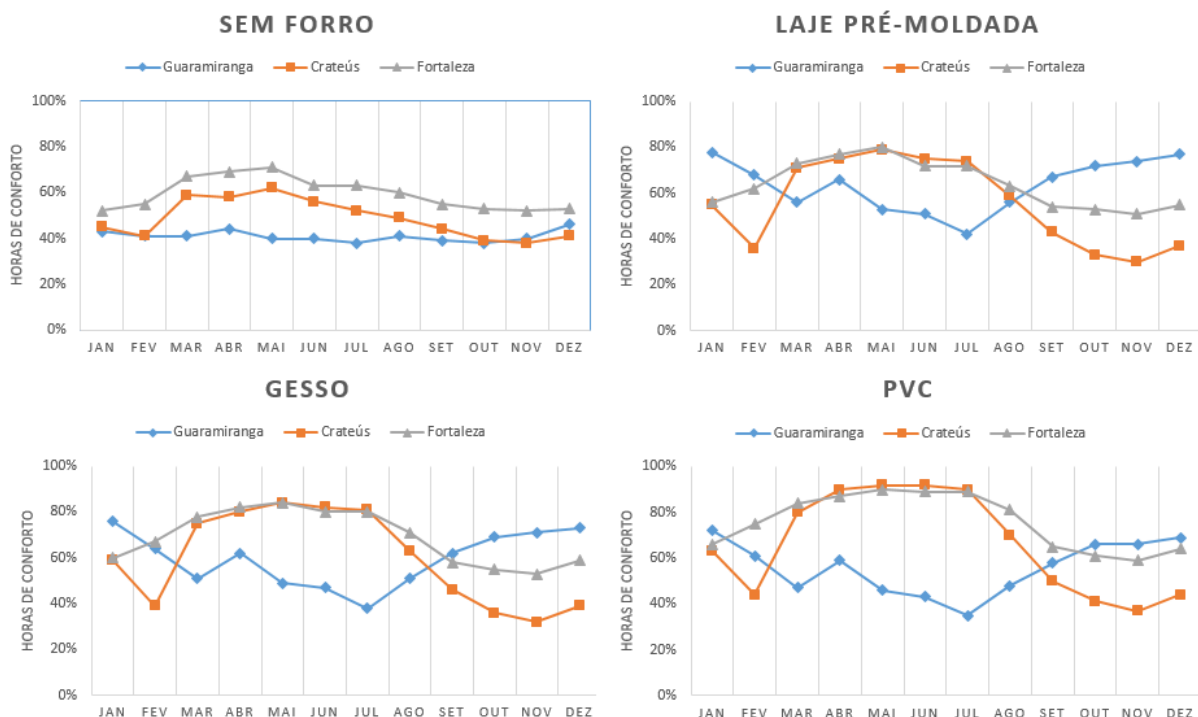


Figura 5. Horas de conforto ao logo do ano com cobertura: $\alpha = 75\%$ (Crédito: R. Costa)

A figura 6 demonstra a comparação das envoltórias em cada zona pegando as horas de conforto com cobertura $\alpha = 0,20$. Percebe-se que a mudança da absorvância diminuiu consideravelmente as horas de conforto na cidade de Guarimiranga, mais ampliou para Crateús e Fortaleza. Fato esse ligado diretamente pela dissipação da radiação solar causado pela menor absorvância. Nos meses mais frios, de abril a agosto, Crateús e

Fortaleza se comportaram de forma semelhantes, corroborando com a efetividade do sistema de forros: Laje pré-moldada, gesso e PVC; tal fato foi possível, devido a presença de um meio de armazenagem de calor, ou seja, os forros e a câmara de ar, que é isolante térmico. Mas também devido uma baixa absorção de calor, ocasionada pelo uso de coberturas claras (figura 6).

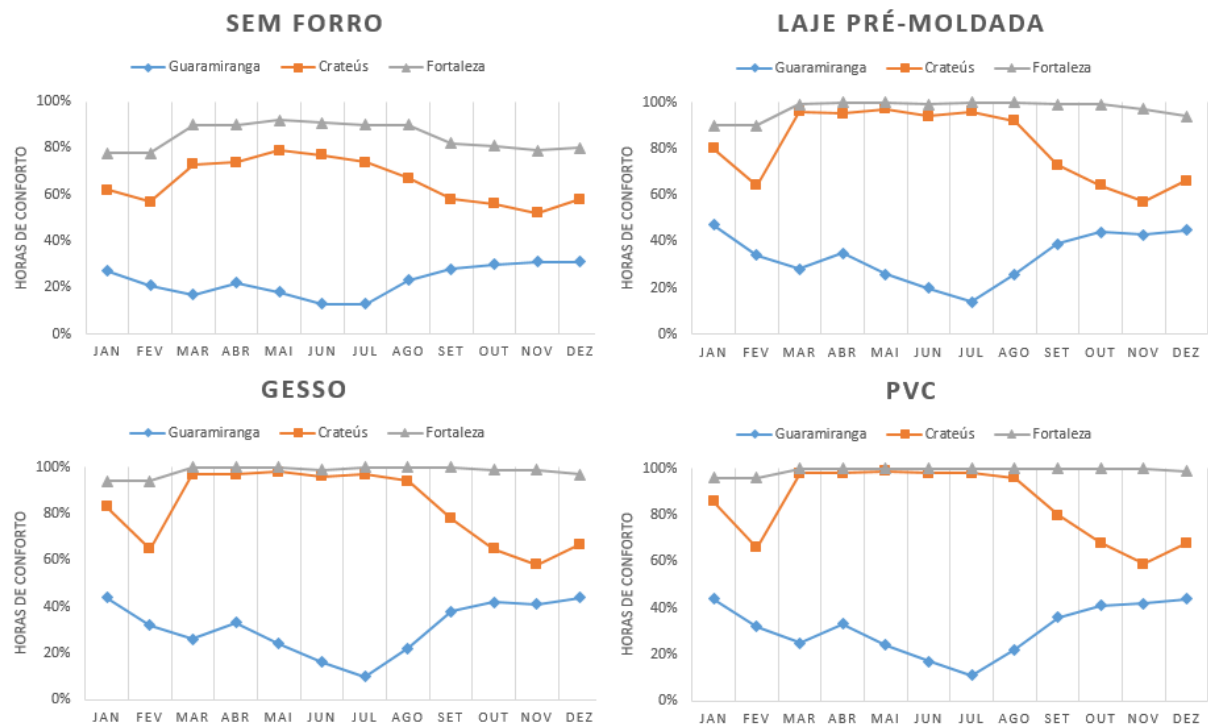


Figura 6. Horas de conforto ao longo do ano com cobertura: $\alpha = 20\%$

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em virtude da pesquisa realizada, aponta-se que o objetivo proposto foi alcançado. A simulação realizada nas três zonas bioclimáticas do estado do Ceará, representadas pelas zonas 5, 7 e 8, permitiu analisar as diferentes situações de cobertura e de forros, demonstrado, através dos resultados, que o tipo de cobertura tem influência no desempenho térmico e no consumo energético da edificação. As cores da cobertura, o uso de forro e os materiais dos forros têm influência no comportamento térmico dos edifícios. O uso de soluções padronizadas de cobertura, como ocorre nos programas habitacionais brasileiros, para cidades de climas distintos pode gerar problemas de desconforto térmico. Assim, faz-se necessário o estudo climático de cada cidade antes de propor uma solução de cobertura, o que ficou evidenciado pelas diversas situações propostas nesse trabalho, obtendo-se diferentes resultados de conforto térmico para cada situação simulada.

O fenômeno descrito acima ficou evidenciado na cidade de Fortaleza, em que a situação com forro de PVC com $\alpha = 0,20$ obteve desempenho de conforto de 100% em maior parte do ano; essa característica foi semelhante em Crateús, diferenciando-se de Guaramiranga, na qual a laje pré-moldada foi a que mais apresentou horas de conforto: 76% no período de verão com $\alpha = 0,75$. Esse fato da laje pré-moldada ter sido mais eficiente na cidade de Guaramiranga, dar-se devido ao clima específico da cidade, que registra temperaturas mais baixas. Fazendo com que edificação necessite ganhar calor para fazer com que o desconforto por frio se torne em conforto.

As limitações da pesquisa estão relacionadas quanto aos critérios e níveis de desempenho de coberturas quanto à influência da absorvância, transmitância e capacidade térmica. Não se avaliando a ventilação do ático em que a NBR 15220-3 (2005) estabelece o uso do fator de ventilação (FV), devido a complexidade da análise na simulação computacional.

Por fim, ressalta-se que a presente pesquisa possui relevância no âmbito do interesse social, possibilitando uma compreensão e alternativas que atuem na maximização da satisfação do indivíduo e que minimize o gasto energético da edificação, desta forma o presente trabalho continua em andamento, com estudos complementares, verificando o desempenho térmico da habitação, variando-se as espessuras das paredes e sua absorvância.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agopyan, Vahan; John, Vanderley M. (2011). O desafio da sustentabilidade na construção civil. Blucher.
- ASHRAE - AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING, AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. ASHRAE Standard 55-2017 - Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. USA, Atlanta: 2017
- De Dear, R.; Brager, G.; Cooper, D. (1997). Developing an adaptative model of thermal comfort and preference. Sydney: ASHRAE. (Report Rp-884)
- Desogus, G.; Di Benedetto, S.; Grassi, W.; ; Testi, D. (2014). Environmental monitoring of a Sardinian earthen dwelling during the summer season. *Journal of Physics: Conference Series*, 547(1). Disponível em < <https://doi.org/10.1088/1742-6596/547/1/012009>>
- Francisco, M. do L. (2009). Recomendações de conforto térmico para projeto arquitetônico e implantação de unidades habitacionais em assentamentos rurais. Disponível em <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18141/tde-12012010-092153/pt-br.php>>
- NBR 15220-1 (2005). Desempenho térmico de edificações. Parte 1: Definições, símbolos e unidades. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas
- NBR 15220-3 (2005). Desempenho térmico de edificações: parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas
- NBR 15575-1 (2013). Edificações habitacionais – Desempenho. Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas
- NBR 15575-4 (2013). Edificações habitacionais – Desempenho. Parte 4: Sistemas de vedações verticais internas e externas. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas
- NBR 15575-5 (2013). Edificações habitacionais – Desempenho. Parte 5: Sistemas de Cobertura. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas
- NBR 15575-5 (2021). Edificações habitacionais – Desempenho. Parte 5: Requisitos para os sistemas de coberturas. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas
- Neves, Célia; Faria, Obede Borges (2011). Técnicas de construção com terra. Bauru: FEB-UNESP /PROTERRA
- Pell, M.C.; Finlayson, B.L.; McMahon, T.A. (2007) Updated world map of the KöppenGeiger. *Hydrology and Earth System Sciences*, vol. 4, n.2, pp. 439-473
- PROCEL (2012). Manual para aplicação da RTQ-R. Eletrobras/Procel; CB3E-UFSC
- Prodanov, C. C; Freitas, E. C. (2013). Metodologia do trabalho científico [recurso eletrônico]: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. -2. edNovo Hamburgo; Feevale, 2013. P. 13-40
- PROJETEEE (2001). Estratégias bioclimáticas. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/projeteee/estrategias-bioclimaticas/> Acesso em: 08 nov. 2021
- Risden, A.M. (2018). Avaliação do Conforto Térmico por Simulação Computacional em uma Habitação de Interesse Social -. Monografia de Projeto Final, Publicação em 2018, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF
- Silva, C. G. T. (2000). Conceitos e preconceitos relativos às construções em terra crua. Fundação Oswaldo Cruz
- Siqueira, T. C. P. A.; Akutsu, M.; Lopes, J. I. E.; Souza, H. A. (2005). Dados climáticos para avaliação de desempenho térmico de edificações. In: Revista Escola de Minas, vol. 58, nº 2. Ouro Preto

Thornthwaite, C.W. (1948). An approach toward a rational classification of climate. *Geography Review*, v. 38, n.1, p. 55-94

AUTORES

Rafael Costa da Silva, graduando em engenharia de produção civil pelo Instituto Federal do Ceará; técnico em edificações pelo IFCE Juazeiro do Norte; aluno bolsista voluntário do campus IFCE Quixadá, integrante do programa IF+ empreendedor do campus IFCE Quixadá. Currículo completo em <http://lattes.cnpq.br/8444393045692160>

Levi Teixeira Pinheiro. Possui graduação em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal do Ceará (2010) e Mestrado em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Ceará (UFC) (2015). Atualmente é professor titular do Instituto Federal do Ceará de Quixadá, líder do grupo de pesquisa Laboratório de Tecnologias para o Semiárido (LABTS) e doutorando pela Universidade do Porto - Portugal.

Bárbara Rangel Carvalho. Professora Auxiliar da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP); Membro da Comissão Executiva do Departamento de Engenharia Civil da FEUP; Membro do Comissariado Social da FEUP; Membro Integrado do Centro de Estudos de Arquitectura e Urbanismo da Faculdade de Arquitectura da Universidade do Porto; Colaboradora da Unidade de I&D CONSTRUCT - Instituto de I&D em Estruturas e Construção; colaboradora do DESIGNstudio FEUP.

ARTIGOS CIENTÍFICOS
INFORMES TÉCNICOS



Tema 2

Patrimônio, documentação, conservação e restauro

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.

CRONOLOGIA DA DESTRUIÇÃO: EM BUSCA DAS CASAS DE TAIPA DE MÃO DA ILHA MEM DE SÁ EM SERGIPE

Dayane Félix Andrade¹; Pedro Murilo Gonçalves de Freitas²

¹ Programa de Pós-Graduação em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável, Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil, dayanefelix@ufmg.br

² Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Sergipe, Brasil, pedromurilo@academico.ufs.br

Palavras-chave: arquitetura de terra, precarização, tradição, abandono

Resumo

Casas construídas com a técnica da taipa de mão são ainda frequentemente empregadas em moradias populares rurais no Brasil. No entanto, com as exigências sanitárias relativas ao combate à doença de Chagas, estas casas há anos têm sido alvo de diversas políticas públicas que promovem a sua demolição e substituição por estruturas em alvenaria. Apesar de tidas como ações de melhoria da saúde, estas políticas não consideram a existência de valores culturais atribuídos à técnica construtiva ao longo do tempo pela população local e, assim, acabam promovendo a transformação negativa da paisagem cultural de muitos ambientes. O objetivo deste artigo é discutir aspectos culturais sobre a utilização da taipa de mão em Sergipe e investigar as razões para o desaparecimento de construções de taipa de mão na Ilha Mem de Sá, situada no estuário do Rio Vaza Barris. A metodologia de trabalho consistiu na análise de referências bibliográficas pertinentes ao assunto e a realização de visitas ao local para a aplicação de entrevistas com os moradores; além disso, foram realizadas práticas de documentação técnica através de registros fotográficos e cadastrais das residências autorizadas (ou, quando muito, seu processo de destruição). A fim de densificar o estudo sobre as razões pelas quais estas construções têm sido objeto de gradual substituição na Ilha, acarretando perda de autenticidade material e cultural, foram analisadas as condições de algumas edificações particulares para a compreensão típica dos problemas, aspectos de valorização afetiva e contexto social. Como resultado desse trabalho, foi possível perceber um progressivo agravamento das transformações da Ilha desde 2017, vinculadas, de um lado, pelo recente potencial turístico identificado na região como, paradoxalmente, pelas iniciativas de bioconstrução que têm ignorado o conhecimento e as especificidades técnicas da taipa de mão adaptadas àquele local.

1 INTRODUÇÃO¹

As edificações em taipa de mão são estruturas populares, frequentes no sertão nordestino. Construídas sem arquitetos, utilizam a terra como material de fechamento de uma trama composta por madeiras. Ainda que a técnica construtiva seja consagrado saber tradicional da cultura brasileira, por muitas vezes as casas de taipa de mão em ambientes rurais não são reconhecidas mesmo enquanto “arquitetura”. Em geral, é comum associa-las à insalubridade, à pobreza e à propagação de doenças, e assim, são frequentes as políticas públicas de erradicação dessas construções.

Desde muito tempo, com as exigências sanitárias em relação ao combate da doença de Chagas, as casas de taipa de mão passaram a representar muitos riscos à saúde. Muitas moradias feitas com taipa de mão foram destruídas ao longo de décadas para dar lugar a estruturas em alvenaria tidas como seguras contra o inseto “barbeiro”. Este, ao se instalar nas fissuras de uma parede de terra mal cuidada, seria o principal vetor de transmissão da

¹ Artigo baseado no Trabalho de Conclusão de Curso “Reconhecimento e valorização da taipa de mão sergipana: o caso da Ilha Mem de Sá”, de autoria de Dayane Felix Andrade, apresentado em 2020 no curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Sergipe sob orientação do Prof. Dr. Pedro Murilo Gonçalves de Freitas.

doença. Assim, assimilando uma condição específica da ausência de manutenção enquanto estigma, diversos governos municipais e estaduais passaram a tratar as casas de taipa como submoradias, justificando a criação de projetos que incentivam o seu abandono e destruição. Em Sergipe, os projetos “Casa de Taipa Nunca Mais” da Prefeitura Municipal de Lagarto e “Casa Nova, Vida Nova” do Governo do Estado, por exemplo, têm por objetivo desestimular a construção de casas de taipa e substituí-las por casas de alvenaria, ainda que consideradas bens culturais em muitas regiões.

Este quadro tem levado a algumas idiossincrasias. Por serem construídas de maneira popular, são gerados poucos registros do seu processo construtivo. A relevância de muitas edificações para história e memória afetiva são dependentes de valores transmitidos oralmente e se vinculam ao cotidiano de determinada população. Assim, com a ausência de registros sobre essas edificações, muitas vezes seu processo de preservação torna-se difícil, em que poucas fontes orais tem sido insuficientes para dar suporte a ações de conservação e defende-las desse amplo processo de estigmatização. Por outro lado, a manutenção do saber-fazer da técnica construtiva da taipa de mão, mesmo reconhecida há décadas enquanto patrimônio histórico nacional, tem recebida pouca atenção fora do contexto monumental da arquitetura. A “arquitetura menor”, de caráter rural e distante do patrimônio oficial, frequentemente não é considerada merecedora de ações de tombamento e salvaguarda: situada fora de núcleos urbanos consagrados, tornam-se ainda mais vulneráveis.

2 OBJETIVOS E METODOLOGIA

O objetivo deste artigo é discutir aspectos culturais sobre a utilização da taipa de mão em Sergipe e investigar, enquanto estudo de caso, as razões para o desaparecimento de construções de taipa de mão na Ilha Mem de Sá, situada no estuário do Rio Vaza Barris. Considera-se como premissa deste trabalho a importância das construções rurais em taipa de mão dentro do quadro patrimonial do sertão brasileiro, envolvendo saber popular, técnica e processos construtivos típicos.

A metodologia de trabalho consistiu na análise de referências bibliográficas pertinentes ao tema e a realização de visitas ao local para a aplicação de entrevistas com moradores; além disso, foram realizadas práticas de documentação técnica através de registros fotográficos e cadastrais das residências autorizadas (ou, quando muito, seu processo de destruição). O trabalho pretende, assim, discutir e dar visibilidade a características da produção arquitetônica construída tradicionalmente em terra no Estado de Sergipe para que seja possível futuramente preservá-la.

3 A UTILIZAÇÃO DA TAIPA DE MÃO

3.1 A formulação do estigma ao redor da técnica

Para entender a formulação do estigma da taipa de mão é necessário entender como esta técnica construtiva foi aplicada em todo o Brasil. Vieira (2017) faz uma revisão detalhada do problema destacando que “a compreensão da formação das relações sociais brasileiras atuais é de fundamental importância para o entendimento da origem do preconceito que recai sobre a taipa de sebe rústica nos dias de hoje” (p. 83)

As casas de taipa de mão foram construídas no litoral do Nordeste desde o início da colonização. A princípio, os portugueses praticavam ações de extrativismo vegetal estabelecidas por meio de escambo com os povos indígenas que já habitavam o atual território brasileiro, não sendo de grande necessidade a sua fixação. Os primeiros estrangeiros incorporavam-se a aliados indígenas que proviam abrigo e alimentação e, caso fosse necessário, as moradias tinham caráter provisório e eram executadas com uma mescla de técnicas portuguesas rústicas e técnicas de conhecimento dos índios.

A política de permuta com os indígenas mantinha-os com certa autoridade sob o território. Essa relação foi alterada a partir da intensificação da agricultura com a criação das capitanias em meados do século XVI. Os portugueses fixaram-se definitivamente no território brasileiro e passaram a construir as primeiras residências com materiais abundantes como a madeira e o barro. Com a posterior migração forçada de povos negros, ainda no início do período colonial, é possível considerar que a técnica da taipa no Brasil tornou-se uma combinação das experiências “primitivas” portuguesas, indígenas e africanas. É verdade que essa junção de influências demonstra a flexibilidade e a adaptabilidade das condições locais da colônia. Todavia, pode-se dizer que também se tratavam de estratégias para impulsionar a dominação a partir da apropriação de processos e técnicas (no caso, construtivas) integradas à cultura de povos escravizados (Ab’Saber, 1993).

Ao longo dos anos, a associação entre dominação e técnica construtiva se desenvolve de modo contínuo, delimitada pela hierarquia social. No caso da organização espacial dos engenhos de produção açucareira, por exemplo, na maioria das vezes, as edificações dos colonos e a casa grande eram construídas com materiais e técnicas mais elaboradas enquanto o abrigo dos escravos, a senzala, com técnicas mistas. Mesmo que em algumas regiões, por restrições de disponibilidade de materiais e mão-de-obra, a casa grande fosse construída com a mesma técnica e materiais da senzala, a primeira possuía qualidade e dimensões construtivas superiores, em cota também elevada do terreno, para garantir distanciamento e controle visual.

Assim, durante os primeiros séculos da colonização, as construções (e seu modo de construir) mantiveram-se frequentemente associadas de valores distintivos entre colonos e escravizados: grosso modo, as moradias dos brancos eram construídas com pedra e cal ou taipa de pilão, enquanto as dos escravizados estiveram sempre relacionadas ao uso combinado de madeira, barro, palha e taipa de mão.

Essa dicotomia construtiva apenas se intensificou com o declínio da produção de açúcar e a chegada da família real ao Brasil na primeira metade do século XIX: de fato, é nesse momento em que se propaga a ideia de que a cultura colonial estaria associada ao atraso, enquanto novos hábitos burgueses portariam ideais de progresso a serem atingidos (Vieira, 2017). A técnica da taipa de mão, que então surgiu provavelmente a partir de uma crescente “miscigenação” de culturas, passa a não ser bem vista e se torna alvo progressivo de preconceitos, que se tornaram bastante enraizados na sociedade brasileira (Silva, 2000).

As modificações culturais do século XIX, por mais que pautassem práticas de modernização e adequação do território brasileiro “muitas vezes não consideravam as peculiaridades de sua população, promovendo transformações de forma autoritária” (Vieira, 2017, p. 106). O ideal erudito pela busca por mudanças que objetivassem o “progresso da nação” associou-se a políticas higienistas que, em termos de moradia, vinculavam a taipa de mão a conceitos de insalubridade coletiva em novos espaços urbanos. O distanciamento entre as formas de construir associados aos estilos e conceitos arquitetônicos de novas classes dominantes, com acesso a conhecimento acadêmico e condições financeiras, intensificou o estigma habitacional de um grande contingente populacional marginal (escravos até 1888, negros libertos, assalariados e imigrantes) que continuou a construir suas moradias com materiais locais e técnicas artesanais. Além disso,

as casas populares são associadas à propagação de enfermidades e à insalubridade da cidade. As epidemias que surgem nos bairros pobres assustam a burguesia, que teme a propagação para seus espaços. Decorre daí o imperativo de limpar e desinfetar os espaços públicos, alargando ruas, alinhando construções, abrindo e arborizando praças. Ganha a Medicina Social, com seu discurso disciplinar de controle do espaço social e pessoal e de interferência na vida cotidiana do trabalhador, através de novos métodos de higiene pessoal e de vida (Pinheiro apud Vieira, 2017, p. 123).

As políticas higienistas e a ideia de progresso permanecerão com alguma variação na cultura urbanística brasileira, até os dias de hoje, fomentando o estigma e a desvalorização da cultura tradicional. Exceções podem ser conhecidas em breves vertentes da arquitetura

moderna cujo discurso pautava a adaptação e valorização dos modos de construir locais. Exemplos são o projeto “Cajueiro Seco”, que empregava a taipa de mão, por vezes em formato pré-fabricado, na construção de habitações sociais em Pernambuco, em 1960 (Borsoi, 1967). Em Sergipe, a experiência de Borsoi serviu de inspiração para Lina Bo Bardi, no final da década de 60 e início da década de 70, projetar o conjunto de moradias populares para trabalhadores rurais na comunidade cooperativa de Camurupim em Propriá. Embora o projeto não tenha sido executado, tratou-se de um importante projeto que indicava a demanda pelo reconhecimento da tradição popular na produção habitacional (Bierrenbach, 2008).

Destas iniciativas pioneiras, nos últimos anos, é crescente a busca por técnicas construtivas que gerem menor impacto ambiental. Pela associação direta ao uso de materiais naturais, a taipa de mão é comumente empregada em projetos que pautam a sustentabilidade. No entanto, como se distingue nesse trabalho, ainda se nota um privilégio de tendências ainda restritas à disseminação não autóctone da técnica construtiva, ignorando conhecimentos de origem local e gerando efeito contrário ao esperado: ou seja, o de que a taipa de mão pode ser utilizada para a produção de casas confortáveis e salubres.

3.2 As questões sanitárias

Além do estigma histórico, existe ampla divulgação de que as técnicas construtivas com terra são abrigo para insetos que podem transmitir doenças e, por isso, é necessário sua urgente erradicação. Embora as casas de taipa estejam comumente associadas à proliferação de doenças, como a doença de Chagas, poucos são os estudos e programas governamentais que visem a melhoria dessas casas sem que seja necessário a derrubada e substituição por outra casa construída com alvenaria.

Em 1957, Milanez já escrevia sobre o fato de as casas rurais historicamente não terem a devida atenção dos governos oficiais. Assim, por contínua desinformação, as casas de taipa foram sendo desprezadas pelos próprios moradores que almejavam casas construídas com materiais industrializados. Neste trabalho, o autor expõe um plano de ação conjunta que poderia ser realizado pelo Estado unindo assistência técnica com capacitação e informação para que os moradores possam ter uma independência em relação à manutenção das suas próprias moradias com materiais encontrados em locais próximos. Milanez escreveu, ainda, sobre incentivar nas escolas rurais a criação de cursos de técnicas da construção de casas que envolvam o preparado da taipa, dos blocos de adobe e demais métodos que utilizam a terra. Por fim, finalizou por enfatizar que a melhoria das habitações rurais implicaria diretamente na melhoria dos padrões de saúde do homem do campo. Seu propósito era:

essencialmente um problema educativo. Aquilo de que o caboclo mais precisa, talvez mais do que dinheiro, é de assistência técnica, de alguém que lhe mostre como é possível construir melhor, ou então melhorar a casa existente, com os seus próprios meios, lançando mão dos materiais e recursos existentes ao seu alcance, no próprio local, na comunidade mesmo em que vive (Milanez, 1958, p. 6).

Sobre o mesmo tema, mais recentemente, Silva (2000) oferece-nos uma análise sobre como as casas de taipa foram tratadas em termos de saúde pública. Em relação à doença de Chagas, a autora ressalta que a doença não está diretamente associada à construção com terra e madeira. Essa técnica (e suas variações) está presente nas habitações dos índios e a doença não possui registros significativos de transmissão nessas populações, mesmo que sejam encontradas espécies silvestres nas proximidades das residências. Para ela, a transmissão da doença de Chagas está diretamente associada ao desequilíbrio ambiental, gerado principalmente pela colonização branca desses territórios indígenas, sendo este o verdadeiro problema. Em suas palavras, isto ocorre onde a

colonização geralmente é predatória, onde há desmatamentos e, por consequência, redução gradativa da fauna silvestre. E ao ter sua sobrevivência ameaçada, o ‘barbeiro’ encontra nas casas de pau-a-pique dos colonos, o seu biótipo ideal. Os desequilíbrios ecológicos causados na área provocam também

uma proximidade entre os animais silvestre ('reservatórios' do *T. Cruzi*) e o homem (Silva, 2000, p. 56).

Assim, é na busca por abrigo que a infestação ocorre. E ela, portanto, pode ocorrer também em casas com outras técnicas construtivas que estejam mal cuidadas e apresentem trincas e frestas nas paredes. Associar a casa de taipa de mão à doença de Chagas é, portanto, uma falácia. Hoje, é possível afirmar que o combate da doença de Chagas não envolve a destruição das casas de taipa. As soluções devem estar pautadas no controle do equilíbrio ambiental para evitar que o "barbeiro" busque abrigos artificiais e no controle químico de casas já infestadas pelo inseto.

Entre outros instrumentos, a Fundação Nacional de Saúde (FUNASA) possui um manual denominado "Elaboração de projeto de melhoria habitacional para o controle da doença de Chagas" que tem como objetivo para nortear políticas públicas em áreas com presença de grande quantidade de casas com condições propícias ao abrigo do "barbeiro". Estratégias eficientes para o controle do inseto nas residências mais precárias seriam: a "utilização de inseticidas de ação residual e a melhoria da habitação, cujos benefícios devem ser reforçados por meio de ações de caráter educativo, desenvolvidas concomitantemente junto às comunidades beneficiadas" (FUNASA, 2013, p. 8).

4 A ILHA MEM DE SÁ

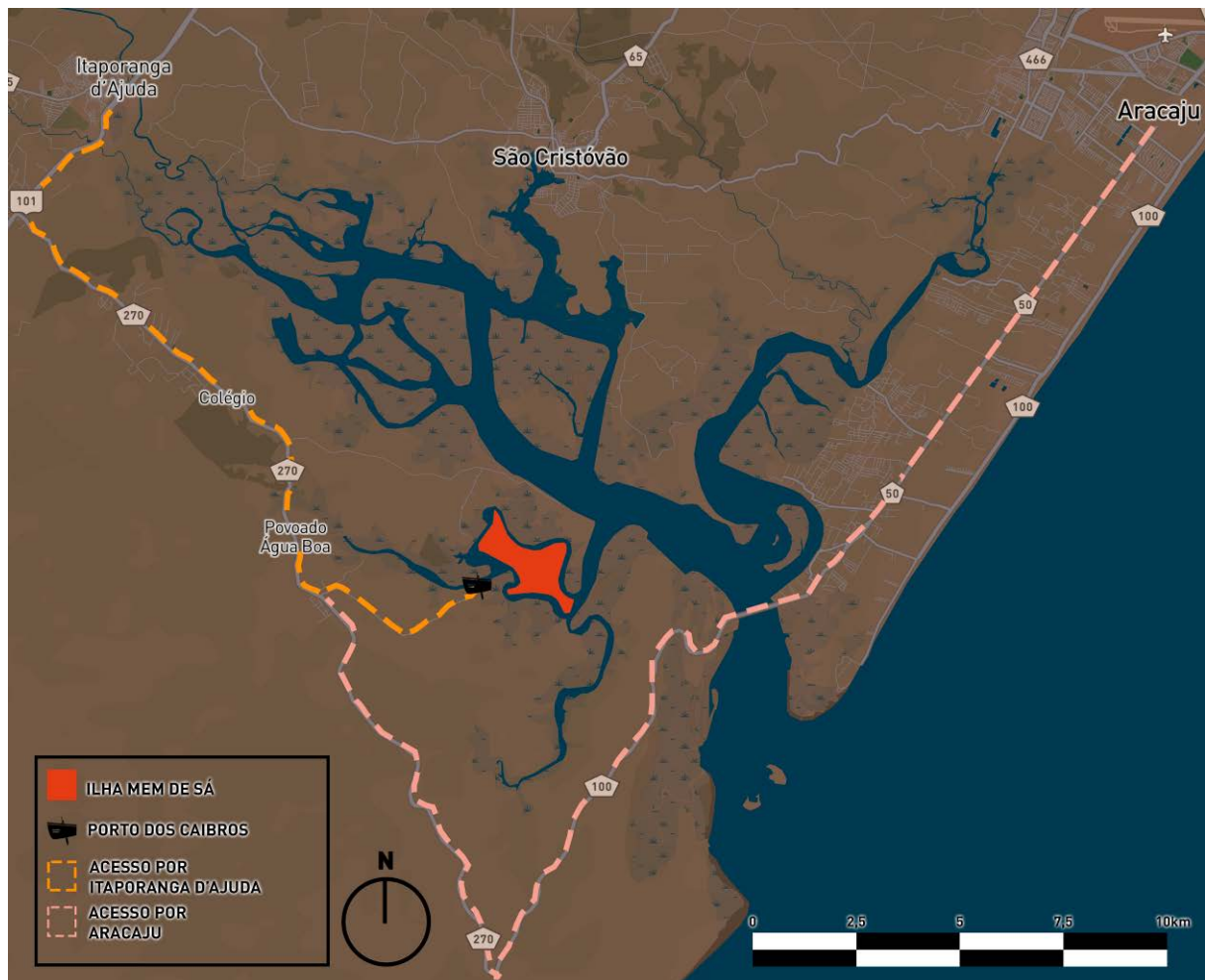


Figura 1. Localização e acessos à Ilha Mem de Sá, Itaporanga d'Ajuda, Sergipe (Andrade, 2020)

Por concentrar diversas formas de percepção dos valores afetivos da taipa de mão em uma porção geográfica restrita, a Ilha Mem de Sá foi escolhida como objeto de estudo deste trabalho. Povoado pertencente ao município de Itaporanga d'Ajuda no litoral do estado de Sergipe, a Ilha Mem de Sá é uma ilha fluvial com cerca de 2.000 m² de extensão, cercada

pelo rio Vaza Barris, estando distante cerca de 53km da capital Aracaju (figura 1). Segundo estudos da Embrapa Tabuleiros Costeiros (Embrapa, 2013), a ocupação da ilha é resultado do crescimento de três famílias nativas que possuíam estreita e benéfica relação com o meio ambiente no entorno.

A região do estuário do rio Vaza Barris possibilita, até os dias atuais, que o sustento dessas famílias ocorra por meio das atividades de extrativismo de crustáceos e pesca (figura 2). Por terem a noção de que o meio ambiente é o que garante a sua sobrevivência, é possível notar que os antigos moradores da ilha possuem um grande sentimento de cuidado desses territórios. Contudo, nos últimos anos, o turismo de veraneio cresceu, concentrando aspectos positivos e negativos. O primeiro, vê-se pela possibilidade de rápido crescimento econômico e recuperação econômica de famílias em situação de vulnerabilidade; por outro lado, a degradação do meio ambiente tornou-se um perigo evidente devido a instalação de obras que, sem coerência com a escala do lugar, agridem o ecossistema local.



Figura 2. Visão geral da Ilha Mem de Sá, Itaporanga d'Ajuda, Sergipe (Andrade, 2020)

Nesse cenário, entende-se que a utilização da taipa de mão nas casas da Ilha é resultado de diferentes processos sociais e memoriais. Contudo, é também perceptível a crescente desvalorização de edificações apenas por apresentarem essa técnica, ainda que também longe da "ameaça sanitária" e o perigo de infestação de doenças. A escolha da Ilha enquanto objeto de estudo tem por princípio organizar um diagnóstico crítico acompanhado da produção de documentação que possa servir para efetivamente estimular a preservação do saber-fazer tradicional de construção com terra encontrado no local.

Entre outras transformações, nas últimas décadas, impulsionados pelo ideal de progresso e "modernização" construtiva, os moradores da Ilha Mem de Sá abandonaram e destruíram as casas de taipa para construir casas de alvenaria. Os terrenos, principalmente os localizados na beira do rio e na rua "principal", começaram a ser visados por pessoas de fora da região para construção de casas de veraneio. Assim, ao longo do tempo, as casas de taipa que existiam nesses locais foram destruídas para que o terreno "limpo" fosse vendido. As novas casas foram propostas visando-se a utilização de técnicas mais "atuais" como blocos de cerâmica e de concreto. Além da mudança da técnica construtiva, também se percebeu que houve progressiva densificação construtiva na ilha (figura 3).



Figura 3. Residências da Ilha Mem de Sá em 2016 e em 2019 (Andrade, 2020)

Procurando identificar os resquícios físicos desse processo, este trabalho visa reconhecer e documentar a produção em taipa de mão que ainda permanece, por meio do estudo dos exemplares que ainda resistem à destruição pelo estigma e pelo desenvolvimento econômico sem critérios culturais de proteção na Ilha Mem de Sá.

4.1 Estratégia metodológica aplicada ao estudo de caso

Foram realizadas visitas ao local em diversas ocasiões no período de 2017 a 2020. Entre novembro e dezembro de 2019, bem como em janeiro e fevereiro de 2020, as visitas tiveram o objetivo de identificar edificações resistentes, a fim de conhecer sua história construtiva e procurando entender seus eventuais riscos de desaparecimento. Para isso, foram aplicadas entrevistas com os moradores e donos dessas casas, seguindo um questionário previamente elaborado, em combinação a conversas informais com outros nativos da Ilha.

As entrevistas foram importantes para entender tanto sobre os processos históricos de ocupação do território como também a forma específica que os moradores sentem e pensam sobre a qualidade das casas em taipa de mão. Notou-se muito rapidamente que o ideal de "modernização" das construções a partir do desenvolvimento econômico fez com que a população passasse mesmo num primeiro momento a já de antemão negar a existência de casas construídas com a técnica no local, visto que as mesmas já se encontram escondidas e ofuscadas por casas maiores e que chamam mais a atenção em termos de dimensões, cores e materiais.

Esta percepção era comprovada por uma resposta constante dos primeiros entrevistados: ao se visitar a ilha, perguntando aos moradores onde seria possível encontrar casas de taipa a resposta mais comum era "não tem casa de taipa aqui não". Somente ao se questionar sobre casas que já eram reconhecidas pelas visitas realizadas é que os moradores "se lembravam" das casas que ainda existiam. Apesar dessa reação inicial, foi possível encontrar diversas moradias construídas com taipa de mão na Ilha Mem de Sá. Junto com as entrevistas foram realizados levantamentos fotográficos para que fossem registrados e documentados o estado físico dessas residências.

Foram então selecionadas sete construções com taipa de mão para a realização de uma documentação mais ampla: três são utilizadas como moradia, uma é utilizada como depósito (mas já foi moradia), outra encontra-se em estado de ruínas e duas são construções mais atuais sendo uma utilizada como museu e outra, ainda em construção, para servir de ponto de apoio para um camping.

O estudo de suas características possibilitou o seguinte resultado, considerando dois grupos de análise que permitiram reagrupá-las em função das narrativas encontradas de aprofundamento do problema do estigma da técnica: a primeira, a ideia de crescente destruição *versus* a situação de a taipa ser por vezes a única solução construtiva viável; e a segunda, a presença do saber-fazer popular em abandono *versus* a retomada "sustentável" promovida de modo irregular, como descreveremos a seguir.

5 PERCEBENDO A TAIPA DE MÃO DA ILHA MEM DE SÁ

5.1 Crescente destruição *versus* única solução construtiva viável

É nítida a diferenciação entre as justificativas e objetivos da utilização da técnica da taipa de mão na Ilha Mem de Sá. De um lado, casas de taipa de mão que foram destruídas anos atrás, e de outro, moradias que estão em condições insalubres por falta de manutenção. No período de estudo, de 2017 a 2020, foi possível encontrar exemplares que nesse curto período de tempo foram demolidas, abandonadas ou permanecem arruinadas.

Essa destruição foi impulsionada pelos "desejos de progresso e modernização" e pelo crescimento da venda de terrenos na ilha. Existem edificações que ainda funcionam enquanto moradias de diversas famílias, todavia permanecem precárias pela dificuldade de manutenção e, principalmente, pelo gradual abandono da técnica em contraste a esta ser a única solução construtiva viável economicamente.

Uma das famílias entrevistadas ressalta que moram na casa de taipa desde que se casaram e, na época, as únicas técnicas possíveis eram as que utilizavam a madeira, palha ou barro como materiais de construção. Isso por serem facilmente encontrados na região e serem fáceis de manusear. Além disso, a técnica da taipa de mão era de conhecimento de todos

os moradores e a construção, feita de maneira coletiva, tinha como função festejar a união de um novo casal.

Entre outros vínculos memoriais encontrados nas entrevistas, na época da construção, o patriarca dessa família era um conhecido taapeiro que dominava o modo de construir e o transmitia para as pessoas que estavam presentes na tapagem. Atualmente, sua condição de saúde o impede de executar as manutenções e melhorias necessárias para manter a casa em boas condições. Por isso, a técnica da taipa de mão entrou em desuso entre os conhecidos e, assim, geram-se custos que a própria família não tem condições de arcar.



Figura 4. Residências em taipa de mão em destruição e/ou condições precárias (Andrade, 2020)

Na mesma situação encontra-se um vizinho da família cuja casa foi parcialmente arruinada após a queda de parte da cumeeira do telhado. As duas famílias informaram que a técnica de taipa de mão é a única solução construtiva para servir de abrigo e que as casas seguem em condições precárias por não ser possível fazer sua manutenção. Entre outros problemas, devido a regulamentos relativos à preservação ambiental, os moradores da Ilha relatam estarem impedidos de fazer retiradas de madeiras dos locais próximos às suas moradias. Isso gera a necessidade de se comprarem materiais diferentes caso a manutenção do madeiramento seja necessária. Zé Carlos, morador entrevistado, afirma que:

as coisas tão ficando mais difícil pra gente que tem casa de taipa né. Porque não tem como tirar né, aí cada vez mais pra nós aqui que mora nessa casa de taipa, tá ficando difícil. Muitos que tem a casa de bloco, não tem precisão de tirar né. E aqui quase que aqui só nós e alguma que tiver pra lá né. Porque se for no mangue, não pode, se for no mato não pode, então é uma coisa que não tá ficando bom pra gente só é isso, a morada da casa de taipa só tá ruim é isso porque num pode tirar um pau pra consertar. Se um pau do alpendre tiver querendo cair o cara num pode ir, só se for tirar nos escondido, pra num... num dia que eles não veja né (Zé Carlos, morador entrevistado *in* Andrade, 2020, p. 130).

Mesmo com a existência de diversas outras técnicas construtivas, como a alvenaria com blocos cerâmicos, essas famílias não possuem condições financeiras de adquirir materiais industrializados e contratar profissionais habilitados para executar técnicas diferentes da taipa de mão. Dessa forma, diante das dificuldades citadas, a taipa de mão é mantida em uso por ser a única forma de construir que é acessível em termos de habilidade e condições financeiras (figura 4).

5.2 Saber-fazer popular em abandono *versus* retomada em prol da sustentabilidade

Além das construções abandonadas, em arruinamento ou condições precárias de habitação, também existem exemplares que utilizaram a taipa de mão com outros propósitos. A Ilha Mem de Sá possui um taapeiro que exerce a profissão até os dias atuais: o Seu Salvador. Ele mora em uma casa de taipa de mão, considerada a mais antiga da comunidade, e que ainda se mantém em boas condições por possuir os conhecimentos técnicos necessários para realizar manutenções periódicas.

Além disso, Seu Salvador demonstra paixão no trabalho com a técnica, considerando até mesmo que as casas em taipa de mão são mais seguras do que as casas construídas em alvenaria. Isso ocorre porque é notória sua intimidade com todo o processo construtivo, postulando um sentido de comunidade e tradição para todos os moradores da Ilha. De acordo com ele:

E a casa de taipa ela é uma casa segura, mais do que casa de bloco. Casa de bloco rachou ou pendeu, ela cai. E a casa de taipa não, mesmo ela pendendo, rachando, ela tem uma grande resistência, não cai assim fácil. E a casa de bloco é como, só num pode cair se ela for argolada de ferro em cima, em baixo e ter as colunas também. E a casa de taipa não. Então isso já vem da nossa infância, da época dos nossos avós, dos nossos pais e nós até hoje ainda nós cultivamos ainda essa tradição de casa de taipa. (Seu Salvador, morador entrevistado *in*: Andrade, 2020, p. 138)

Além de manter a sua residência, Seu Salvador também construiu uma recente edificação em taipa de mão na Ilha com a finalidade de ser uma casa de farinha e comportar um museu com objetos originais (figura 5). Sobre a utilização da técnica nessa construção, mesmo recentemente, justifica:

Eu construí de taipa porque antigamente também as casas de farinha eram de taipa, aí o cara queria que eu fizesse de bloco que era mais rápido pra levantar e era menos trabalho ai eu digo 'não, mas eu vou fazer é de taipa' e isso ai revela o tempo passado né, que era de taipa, de taipa e palha, como é ali. (Seu Salvador, morador entrevistado *apud* Andrade 2020, p. 142)



Figura 5. Edificações mantidas por Seu Salvador na Ilha Mem de Sá (Andrade, 2020)

Os conhecimentos de Seu Salvador contrastam com iniciativas promovidas na Ilha que se tornaram bastante controversas aos moradores antigos. O projeto denominado “Projeto Aratu”, teria a intenção “rememorar” as técnicas tradicionais, associando-as a práticas sustentáveis (Alexandre, 2018). No entanto, ao propor a construção de edificações com uso do bambu para a criação da gaiola estrutural da edificação com uso de pregos para a amarração física, tornou-se um projeto que passou a contrastar diretamente com a memória local.

Utilizar o bambu como material construtivo não é uma opção de todo ruim, porém é imprescindível levar em conta que este não é uma espécie nativa da ilha (ou do Brasil) e, portanto, é preciso comprá-lo (ou retirá-lo) e transportá-lo de uma para outra localidade. Se, de um lado, a compra e o transporte do material implicariam já em aumento expressivo dos custos da obra, tornando seu uso pouco acessível e sustentável, por outro, é material que tende a não se adaptar ao ambiente salino da região.

Além dessas questões, o próprio Projeto Aratu apresentou diversos problemas (muitos de ordem financeira) durante a sua execução, sendo necessário interromper a obra em andamento, em meados de 2017, e abandonar parte do material adquirido. Isso deixou evidente como o desconhecimento do local foi problemático, deixando os nativos da ilha inclusive sem treinamento sobre como utilizar o bambu e o sistema construtivo em substituição à madeira nativa de maneira correta.

Mesmo diante desses problemas, a fim de aproveitar “as ruínas” do projeto, a comunidade decidiu finalizar o módulo edificado onde já havia sido construída a gaiola estrutural para que servisse de ponto de apoio para um futuro camping na Ilha (figura 6).



Figura 6. Ponto de apoio para camping na Ilha Mem de Sá, antigo Projeto Aratu (Andrade, 2020)

O que se ressalta do caso do Projeto Aratu é a problemática referente à utilização do discurso de sustentabilidade com utilização de técnicas tradicionais quando, na realidade, promovia-se apenas uma imagem. A forma de construir continuava inacessível, tanto em termos financeiros quanto relativos ao reconhecimento e manutenção do saber-fazer popular da comunidade. Na prática, o projeto se apresentou como uma espécie de “gourmetização”, deslocada da realidade dos habitantes.

Problema fundamental, para Seu Salvador, eram os processos de amarração das varas que compõem a gaiola estrutural. Para ele, é fundamental que eles sejam duráveis:

Antigamente a gente amarrava com cipó, como essa casa daqui, ela é amarrada de cipó, as varas. Não é de prego, não é de arame. Com o cipó também ela é mais resistente né. O arame e o prego, como aqui é a região de água salgada, ele enferruja logo cedo. Enferruja e se decompõe logo cedo. E o cipó não, o cipó tem aqui 45 anos, essa casa e o cipó ele tá em forma ainda (Seu Salvador, morador entrevistado *in* Andrade, 2020, p. 138).

Com a clareza popular do que é ser “sustentável”, o Projeto Aratu pode ser visto como uma verdadeira descaracterização do saber tradicional em prol de uma falsa sensação de sustentabilidade, atuando equivocadamente a favor do discurso de modernização e do abandono dos conhecimentos tradicionais.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo realizado na Ilha Mem de Sá representa um importante recorte geográfico para ser analisado, pois, com ele, foi possível entender os contextos em que a taipa está inserida, assim como quais as intenções e objetivos que justificam a utilização da técnica.

A taipa de mão é considerada tradição por ser técnica de conhecimento transmitido de gerações para gerações por meio dos mutirões de execução das obras. Sua utilização é muito difundida não somente porque fazem parte da história, mas também porque pode ser a única solução construtiva financeiramente acessível para algumas comunidades.

A prática necessita de ampla mobilização popular de uma comunidade. Sem a oralidade e os eventos cotidianos de tapagem, saberes específicos da técnica, modos de adaptação local entre outros valores estão se perdendo. Com isso, seguem difíceis execução e, principalmente, manutenção das edificações construídas com a técnica da taipa,

favorecendo a precarização das moradias já existentes e também das novas que poderão surgir de modo marginal às políticas públicas.

Assim, para amplificar seu caráter de resistência cultural, é preciso levar em consideração não só os motivos que levam à substituição e à destruição desses exemplares edificados como também as justificativas para construção de novas edificações com a técnica da taipa de mão. Entende-se que podem atuar em conjunto, de um lado, o discurso do progresso e da ideia de evolução construtiva – o que faz com que muitas famílias substituam suas casas de taipa por casas de alvenaria – mas também, o incentivo à construção de edificações com taipa de mão por conta dos benefícios em termos de conforto térmico e sustentabilidade, mas desconsiderando suas especificidades memoriais e locais.

Na Ilha Mem de Sá isto é evidente. É preciso avaliar o quanto a crescente busca por técnicas construtivas sustentáveis pode também atuar de modo reverso aos seus objetivos iniciais, mesmo com boas intenções. A utilização da taipa de mão com bambu, gerou ampla ilusão na comunidade de que a taipa de mão só é válida, bela e eficiente se for construída de modo “correto”, visto que, as suas casas, por vezes ainda precárias, não foram objeto de nenhuma ação de preservação, sendo ainda consideradas submoradias, precárias, abrigos de insetos e doenças. Fica evidente que o estigma da taipa permanece diretamente atrelado à condição econômica e social que torna as casas populares alvo de políticas públicas de erradicação e as casas construídas por pessoas privilegiadas socialmente e financeiramente como casas “sustentáveis”, justificadas inclusive pelo discurso de “retomada das técnicas tradicionais”.

Desse modo, percebemos que quando se fala em reconhecimento da taipa em Sergipe é imprescindível analisar o quanto são ainda necessárias práticas de manutenção e valorização das pessoas detentoras do saber fazer, seus conhecimentos e tradições. Para preservar a técnica da taipa de mão é necessário garantir que isto ocorra de modo autêntico, sem falseamento conceitual ou ilusão estética.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ab'Saber, A. N. et al. (Org.) (1993). A época colonial. 7. Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. (História Geral da Civilização Brasileira, 1). t. 1. v. 2.
- Alexandre, Lilian Maria de Mesquita (2018). (Re)invenção do turismo de base comunitária no litoral sul sergipano: turismo e economia criativa como elos de gestão participativa. Tese de doutorado em geografia. São Cristóvão: Universidade Federal de Sergipe.
- Andrade, Dayane Felix (2020). Reconhecimento e valorização da taipa de mão sergipana: o caso da Ilha Mem de Sá. Monografia. Laranjeiras: Universidade Federal de Sergipe.
- Bierrenbach, Ana Carolina de Souza (2008) Conexão Borsóii-Bardi: sobre os limites das casas populares. Risco Revista de Pesquisa em Arquitetura e Urbanismo (Online).
- Borsoi. Acácio Gil (1967). Cajueiro Seco. *Mirante das Artes* (2), p. 21-23.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2013). Plano de manejo reserva particular do patrimônio natural do Caju. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros.
- FUNASA – Fundação Nacional da Saúde (2013). Elaboração de projeto de melhoria habitacional para o controle da doença de Chagas. Brasília: FUNASA.
- Milanez, Álvaro (1957). A casa rural brasileira - Sugestões para um programa de melhorias. IV Congresso nacional de município, Rio de Janeiro.
- Milanez, Álvaro (1958). Casa de terra – As técnicas de estabilização do solo a serviço do homem do campo. Serviço Especial de Saúde Pública. Ministério da Saúde. Rio de Janeiro.
- Silva, Cláudia Gonçalves Thaumaturgo da (2000). Conceitos e preconceitos relativos às construções em terra crua. Dissertação de mestrado. Rio de Janeiro: Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Fundação Oswaldo Cruz.

Vieira, Carolina Nascimento (2017). *Habitus e habitação: A precarização ideológica da taipa de sebe no Brasil*. Tese de doutorado. Salvador: Universidade Federal da Bahia.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a toda a comunidade da Ilha Mem de Sá, em especial à Seu Salvador e Dona Tina, por serem tão gentis, receptivos e não medirem esforços para auxiliar na finalização desse trabalho.

AUTORES

Dayane Félix Andrade é mestranda em ambiente construído e patrimônio sustentável na Universidade Federal de Minas Gerais; arquiteta e urbanista pela Universidade Federal de Sergipe. Currículo completo em <http://lattes.cnpq.br/6998405539714042>.

Pedro Murilo Gonçalves de Freitas é doutor e mestre em arquitetura, tecnologia e cidade pela Universidade Estadual de Campinas; arquiteto e urbanista pela Universidade de São Paulo; professor adjunto do Departamento de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Sergipe (UFS). Currículo completo em <http://lattes.cnpq.br/7043929124073001>.



CASA-GRANDE DA FAZENDA CACHOEIRA DO TAEPE: PATRIMÔNIO CULTURAL BRASILEIRO A RESTAURAR

Carmen Lucia Muraro¹; Ulisses Pernambucano de Melo Neto²

¹Rede TerraBrasil, IPHAN, Ulisses Pernambucano Pesquisa, Brasil, carmenmuraro@yahoo.com.br

²Ulisses Pernambucano Pesquisa, FUNDARPE, Brasil, ulisses.pesquisa@gmail.com

Palavras-chave: taipa de mão, restauração, potencialidades.

Resumo

A casa-grande da Fazenda Cachoeira do Taepe é bem tombado pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN) desde 1981, reconhecido como um exemplar de arquitetura rural que reitera a persistência dos sistemas construtivos portugueses que, com a ocupação, foram trazidos para o Brasil devidamente adaptados ao longo dos anos. Estudos recentes ampliaram o conhecimento desse bem cultural, seja pela técnica construtiva, seja pelo potencial histórico agregado. O reconhecimento do valor arquitetônico desta casa de morada foi a base do Projeto de restauração da casa-grande e da fazenda Cachoeira do Taepe, elaborado entre 2012 e 2013, cujo desenvolvimento previu inclusive a adequação às necessidades contemporâneas do uso residencial a preservar. A pesquisa multidisciplinar realizada esteve voltada para a identificação das características da edificação secular e de medidas capazes de devolver a estabilidade estrutural comprometida da residência. Outra abordagem foi a identificação das potencialidades do objeto construído e da unidade rural cuja produção era inadequada à mínima manutenção, no que se refere a usos e sustentabilidade. Os resultados foram representados por contextualização histórica, geomorfológica e ambiental do conjunto rural; levantamentos topográficos, cadastrais e fotográficos; análise tipológica, identificação do sistema construtivo – materiais e técnicas empregadas; mapa de danos, análise do estado de conservação, ensaios e testes interpretados em diagnóstico. A sistematização dos dados obtidos permitiu a elaboração do projeto de restauração que previu a recuperação da casa-grande, medidas de conservação preventiva e diretrizes de gestão do bem cultural. O presente artigo pretende demonstrar, por meio da apresentação das medidas de consolidação propostas para a casa-grande, a viabilidade de métodos tradicionais poderem contar com técnicas contemporâneas ao estudo realizado.

1. INTRODUÇÃO

O objeto de estudo que se pretende apresentar neste artigo se refere à casa-grande da Fazenda Cachoeira do Taepe, produtora de gado (e depois também de algodão), situada dez quilômetros ao sul da sede do município de Surubim, agreste setentrional pernambucano, no nordeste brasileiro.¹ A fazenda deve a denominação ao riacho cujo curso de leito seco e pedregoso, à época das chuvas, ganha volume d'água e forma trecho encachoeirado na propriedade.

A ausência de registros históricos e documentais mais consistentes, tanto da ocupação regional quanto da implantação da unidade rural, fez com que o estudo considerasse as estradas e os rios como as “linhas de movimento” da penetração populacional em direção ao oeste do território pernambucano no período colonial e, ao mesmo tempo, buscasse compreender o estabelecimento da unidade produtiva rural e a consolidação desta enquanto apoio logístico.

Estabelecida como sede da Fazenda Cachoeira do Taepe - tanto no sentido da morada dos proprietários quanto de centro das decisões relacionadas às atividades rurais - está a casa-grande cuja proteção foi garantida com o tombamento em nível federal pelo Instituto do

¹ Surubim é município do agreste setentrional pernambucano, cuja sede está localizada 120 km a noroeste da capital do Estado, Recife.

Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (1981). Nesse documento, a professora e parecerista do IPHAN, Dora Alcântara (IPHAN, 1981, p. 20), embasou sua posição a favor do tombamento, na perspectiva do

reconhecimento de mais um exemplar de arquitetura rural brasileira, identificados em diversos pontos do território brasileiro, cujas características arquitetônicas revelam a persistência dos padrões construtivos portugueses transpostos para o Brasil e aqui devidamente adaptados. [...] Exemplos rurais que possuam tal significação ultrapassam a escala dos valores regionais, porque afirmam características nacionais de cultura. O tombamento federal é cabível em semelhantes casos, como reconhecimento deste valor.

A casa-grande de Cachoeira do Taepe integra pequeno grupo de remanescentes da significativa arquitetura estabelecida no meio rural do Nordeste do Brasil, tanto do ponto de vista estético quanto histórico. A construção empregou sistema misto com estrutura autônoma de madeira e vedação com taipa de mão, técnica construtiva usual do período colonial do Brasil e que, apesar da importância cultural, apresentava em 2012 complexo quadro de danos atuante sobre o estado da matéria e que demandavam procedimentos de restauro e consolidação.

Fácil assim avaliar a relevância do tema do sistema construtivo e da coleta, processamento e disponibilização de informações históricas, técnicas e culturais acerca de Cachoeira do Taepe que se encontravam guardados prioritariamente na memória dos habitantes do lugar. A figura 1 ilustra o ambiente do semiárido setentrional pernambucano onde está a fazenda. Na figura 2 vê-se a casa-grande implantada com domínio visual da propriedade.



Figura 1. Contexto ambiental da fazenda Cachoeira do Taepe (Crédito: Ulisses Melo, 2012)



Figura 2. A casa-grande da fazenda Cachoeira do Taepe, Surubim/PE (Crédito: Ulisses Melo, 2012)

2. OBJETIVOS

O objetivo geral do presente artigo é ampliar a divulgação sobre a casa-grande e a Fazenda Cachoeira do Taepe, objeto do patrimônio cultural brasileiro a ser preservado, por meio da apresentação do projeto de restauração desenvolvido entre 2012 e 2013. No que se refere à morada senhorial, significa também a permanência do objeto construído enquanto testemunho do “fazer” que contribuiu para dar forma e consistência à ocupação europeia no Brasil colônia, desde os primórdios da expansão territorial.

Isto posto, quanto à casa-grande, a atuação teve por objetivo específico apresentar as medidas técnicas que foram consideradas capazes de devolver a estabilidade estrutural da edificação, ao tempo em que estas poderão garantir a sobrevivência do bem cultural pelo tempo mais alongado possível.

Outra abordagem é a compreensão de que os sistemas tradicionais, que utilizam, por princípio, matérias primas locais, são passíveis de emprego nos tempos atuais e no futuro próximo, tendo como desafio maior pesquisar a integração com novos materiais e tecnologias, direcionadas à ampliação de sua aplicabilidade e durabilidade.

3. CONHECIMENTO DO BEM

3.1 Método de pesquisa

Contextualizada a unidade rural, foram realizados os levantamentos de campo necessários ao desenvolvimento do projeto de restauração: planialtimetria, arquitetura, fotografia, depoimentos orais e prospecções arquitetônicas e arqueológicas de reconhecimento.

No âmbito deste artigo, destaque foi dado às soluções que pretendem garantir a consolidação estrutural da fundação de pedra e do madeiramento (peças verticais, horizontais e de cobertura). Assim, o aprofundamento do conhecimento do bem cultural e a análise do estado de conservação permitiram a elaboração do diagnóstico das patologias e cálculo de esforços solicitantes e tensões. A análise dos resultados norteou a ação projetual sobre a casa de morada.

3.2 Contextualização histórica e ambiental

O panorama histórico no qual este edifício está inserido nos leva ao final do século XVII ou início do seguinte, quando a família portuguesa “Arruda” se instalou na região muito provavelmente motivada pelo sistema de doação de sesmarias utilizado pelo reino de Portugal para estimular a ocupação ao interior e o controle ampliado do território. Estudos de Mello (1966) demonstram o rio Capibaribe como uma das três rotas de penetração de Pernambuco, às margens da qual foram surgindo localidades ao longo da lenta ocupação a oeste, a exemplo do lugar “Taepe”.

A casa-grande parece ter sido a primeira providência de fixação do grupo familiar na região, criando o indispensável abrigo aos que ali iniciaram a unidade rural dedicada à criação de gado bovino. Assim, a fazenda permaneceu até acrescentar o cultivo de algodão já no século XIX. Logo a seguir, no entanto, entrou em decadência e foi abandonada durante as duas últimas décadas dos oitocentos e a primeira do XX. Somente em 1920, Antônio Paulino da Silva Negrinho, descendente da família originária, recebeu e aceitou a proposta de gerenciar a fazenda chegando a Cachoeira para se instalar com a esposa, Adelina Maria da Anunciação, para ali constituir família e reativar a propriedade.

A nova fase então estabelecida no lugar se caracterizou pela atuação persistente desta família ao longo do século XX, o que, mesmo com grandes dificuldades econômicas tanto pessoais quanto regionais, permitiu que Cachoeira do Taepe se tornasse núcleo de atração local, onde foram instalados equipamentos urbanos e uma capela devotada a Santo Antônio, por desejo da matriarca Adelina. Todos os anos comemora-se o dia de Santa Luzia com procissão e festejos que duram vários dias, sempre centrados no dia 13 de dezembro, dedicado à santa protetora da visão.

O ambiente natural que acolhe a residência é caracterizado por faixa geológica de gnaiss granítico. O solo areno-argiloso é formado por associação de *planissolos* e solos *litólicos* com afloramentos rochosos, partes do embasamento cristalino composto por rochas ígneas e metamórficas. Esta classificação genérica garante material com profundidade entre 30 cm e 60 cm, de textura média, com cascalhos, drenagem imperfeita e permeabilidade lenta e baixa. (Muraro, 2013, p. 40)

3.3 Partido arquitetônico, técnicas e materiais construtivos

Em espaço levemente mais elevado do relevo natural acidentado (altitude de 390 m), está a casa-grande, implantada na meia encosta de pequena colina, com arquitetura de volumetria simples, baseada em tipologia importada do norte de Portugal, cuja solução pode ser encontrada de forma recorrente em núcleos urbanos e no meio rural brasileiro, tanto em unidades históricas quanto pela reprodução vernácula nos dias atuais.

Assim, qualificando a residência rural em estudo, tem-se uma frente vazada, constituída de peças (esteios e vigas) de seção quadrada em madeira, que fornece acesso externo ao nível de uso residencial (+2.27 m), a partir do solo natural que constitui o terreiro fronteiro

(0.00). Nesta estrutura, que confere suavidade e beleza ao edifício, estão instaladas as duas escadas de convite que, a partir do centro da fachada acessam os balcões laterais para onde estão voltadas as portas de entrada. Um terceiro balcão se abre na residência ao centro do paramento (figuras 3 e 4).



Figura 3. Vista da casa-grande de Taepe a partir do terreiro fronteiro, onde se observa a frente de elementos de madeira aplicada à fachada. (Crédito: Ulisses Melo, 2011)



Figura 4. Estrutura de madeira apostada ao maciço de taipa para acessos ao pavimento residencial. Vista a partir do oeste. (Crédito: Ulisses Melo, 2011)

A técnica construtiva consiste em fundação de alvenaria corrida de pedra argamassada com barro, com largura média de 50 cm e profundidade a partir do solo em torno de 1.00 m, que forma, no desnível natural, meio pavimento ao tempo em que suporta parcialmente a estrutura mista de madeira e barro do pavimento superior, onde se desenvolve o programa de uso residencial.

O pavimento superior tem os espaços definidos por paredes de sistema misto: estrutura autônoma de madeira (esteios, baldrames e frechais) com vedações de taipa de mão (também chamada por taipa de sopapo ou, ainda, de sebe ou barro de mão ou pau a pique, conforme descreve Santiago, 2001, p.56)² (figura 5).

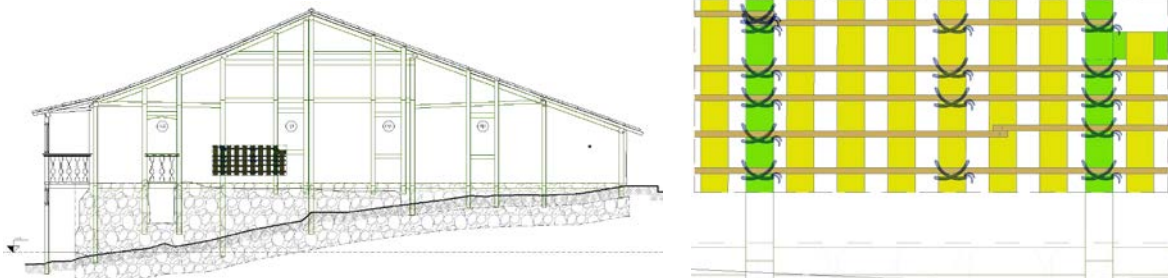


Figura 5. Mapeamento da estrutura autônoma da fachada noroeste. À direita, esquema gráfico da composição da vedação de taipa de mão: paus a pique, varas e cipós. (Muraro, 2013, p.151)

O edifício de planta baixa retangular abriga duas “lojas” no pavimento de sobrado em pedra³ e uso residencial no pavimento superior. Os cômodos são destinados a sala fronteira e distribuição feita por corredor central aos quartos e alcovas que termina abrindo em nova sala mais íntima onde são realizadas as refeições da família, preparadas em cozinha anexa que ocupa toda a face posterior da casa.

O programa desenvolve-se em duas plantas baixas simétricas a partir de um eixo longitudinal em relação à fachada nordeste com a particularidade de um volume único abrigar, aparentemente, duas residências geminadas de distribuição idêntica. Este desenho

² A taipa de mão é um dos poucos sistemas classificados como “tradicionais” que ainda permanece sendo praticado em diversos pontos do Brasil. De larga utilização, levou alguns estudiosos a inseri-lo no que se conhece por “arquitetura vernácula”, executada através de técnicas tradicionais apropriadas pelos habitantes, sem necessariamente obedecer a um projeto ou consulta a especialistas.

³ Os ambientes que resultam do pavimento de sobrado constituído pelo embasamento de pedra aplicado na meia encosta são utilizados como depósitos e, não só em Taepe, mas em toda a região, estes espaços são nomeados pelos moradores por “lojas”.

levou a ser conhecida na localidade como tendo duas unidades: uma casa “de verão” e outra “de inverno”. Do fato o que se pode registrar é que, efetivamente, a família que a ocupou durante o século XX se deslocava de um lado para outro para se proteger da umidade e dos ventos no inverno (figura 6).

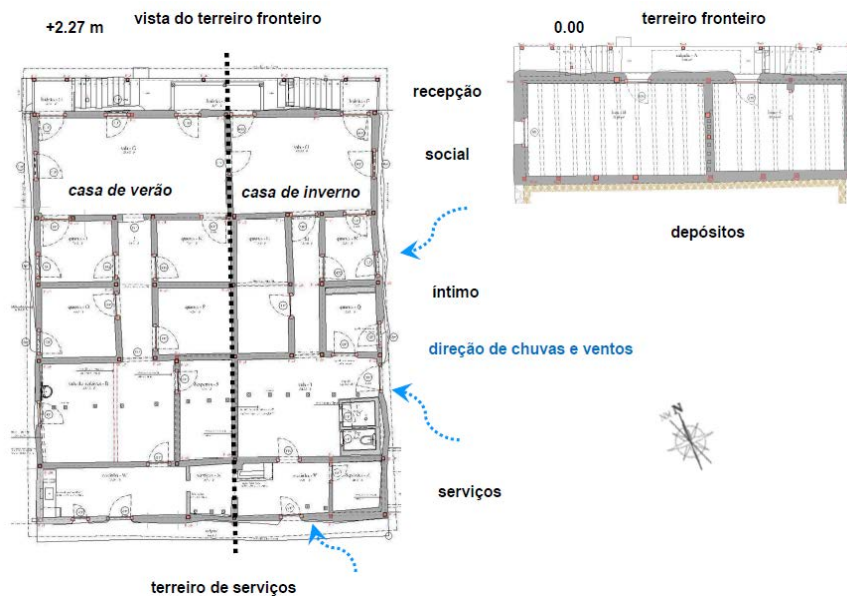


Figura 6. Planta baixa da unidade residencial, à esquerda. À direita, o meio pavimento em duas “lojas”, ambientes de guarda de materiais ligados à produção da fazenda. (Muraro, 2013, p.126)

Para o saboroso exercício da arquitetura comparada, duas casas históricas foram elencadas. Uma delas, a casa-grande do engenho Poço Comprido, Vicência (PE), cuja fachada originária (identificada por arqueologia de arquitetura em 2002) está associada formalmente à de Cachoeira quanto aos acessos e controle visual da propriedade. As figuras 7 a 10 ilustram o comparativo entre o paramento de Poço Comprido e o de Taepe (Muraro, 2013, p.136).



Figura 7. Fachada do engenho Poço Comprido, Vicência/PE, com indicativo do trecho originário.



Figura 8. Fachada da casa-grande Cachoeira do Taepe.

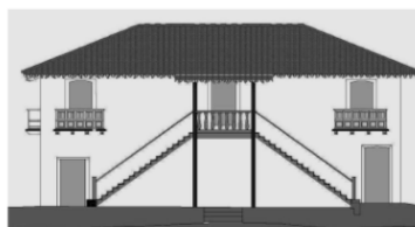


Figura 9. Esquema gráfico da fachada originária da casa-grande de Poço Comprido, identificada em 2002.

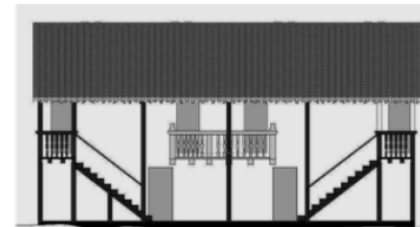


Figura 10. Esquema gráfico da fachada principal de Cachoeira do Taepe.

Outra casa-grande, a do engenho Santa Cruz, localizada no município vizinho do Limoeiro (PE), foi construída com o mesmo desenho, técnicas e materiais da unidade em estudo (figura 11).

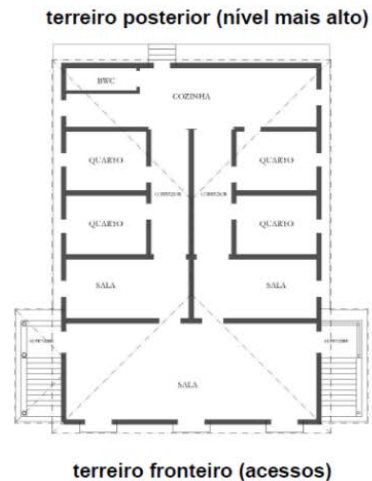


Figura 11. Fachadas noroeste e nordeste da casa-grande do Engenho Santa Cruz situado em Limoeiro/PE. O tratamento das fachadas “esconde” a semelhança com Taepe, claramente perceptível nos espaços internos. À direita, esquema de planta baixa do pavimento residencial do mesmo engenho (Muraro, 2013, p.132)

3.4 Sistema estrutural

A fundação da casa-grande está disposta em todo o contorno externo. Ao receber, no desnível natural, o pavimento superior, atua junto ao terreno como contenção. Coexistem com este embasamento, os esteios principais da estrutura autônoma superior que descem até o solo e nele acomodam-se diretamente.

Os baldrames de madeira estão dispostos no topo da alvenaria de pedra, garantindo o enquadramento necessário. Os esteios correspondentes à estrutura interna da casa-grande seguem abaixo do nível dos baldrames e apoiam-se igualmente no solo. No pavimento superior, a grade estrutural autônoma de madeira tem as peças componentes interligadas por encaixes a meia madeira simples, estabilizados por pregos (cravos).

As vedações parietais são compostas com paus a pique roliços de diâmetro em torno de 15 cm, espaçados aproximadamente de um palmo, pregados a meia madeira simples nas vigas horizontais (baldrames e frechais) e interligados por varas de marmeleiro. A trama é amarrada por cipós⁴ e os interstícios preenchidos com barro da região. Os esteios intermediários utilizados para receberem esquadrias, pisos, escadas e balcões contribuem para a amarração da estrutura.

As paredes internas, com altura de 2,40 m do piso, são encimadas por frechais que se interligam, criando malha intermediária horizontal. Os ambientes são em telha vã e a cobertura em duas águas (cumeeira paralela à fachada principal) é composta por peças cerâmicas tipo capa e canal que se apoiam em estrutura de madeira constituída de ripas serradas sobre caibros roliços sem auxílio de tirantes, que descansam sobre os frechais. Os pontaltes intermediários estão localizados no prumo dos esteios, a meia madeira com as peças horizontais do topo das paredes internas.

As vigas e pilares (esteios) de seção 14 cm x 14 cm, compõem tanto a grade principal, quanto ombreiras, vergas e peitoris das esquadrias; o barroteamento das escadas, do piso de tábuas dos balcões e dos ambientes da casa localizados no pavimento superior do trecho de sobrado e a estrutura principal da cobertura, a saber, cumeeira, terças e frechais das empenas.

⁴ O marmeleiro e o cipó foram identificados como espécies vegetais utilizadas para amarração da estrutura, a partir de depoimentos dos moradores de Cachoeira do Taepe. Ambas são vegetações nativas e pertencentes ao bioma caatinga (Leal; Tabarelli; Silva, 2003).

A figura 12 apresenta o corte longitudinal da residência, ilustra a infraestrutura de pedra e barro (base e fundação) e esteios no pavimento térreo de sobrado que aproveita o desnível da colina para os dois depósitos (ou lojas). A superestrutura autônoma de madeira vedada por paredes de taipa de mão constitui a morada propriamente no pavimento superior. O objeto resultante é fruto do sistema de equilíbrio estabelecido pelo condicionamento entre partido arquitetônico e estrutura.

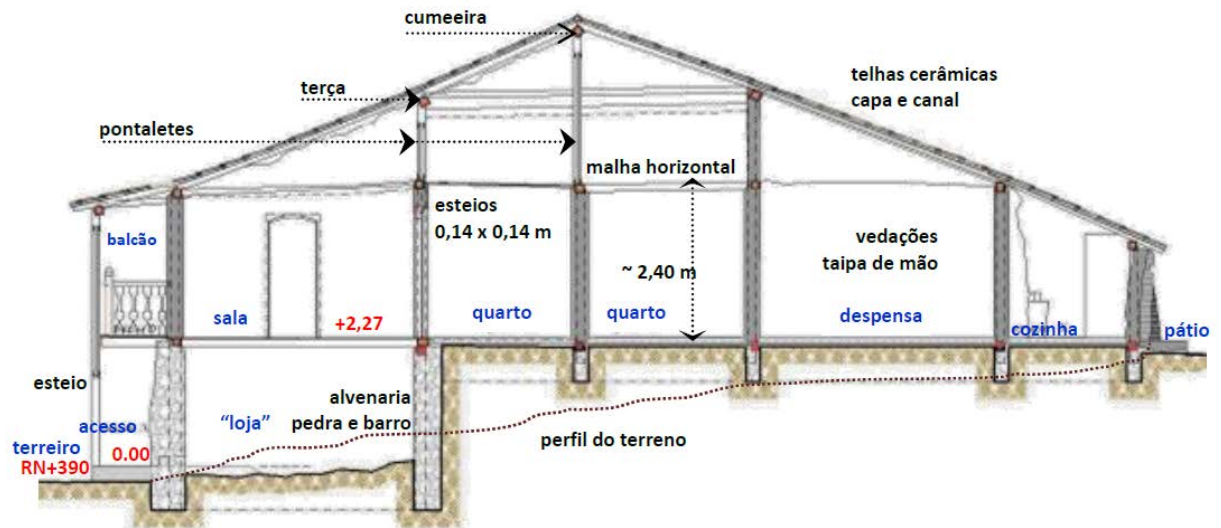


Figura 12. Corte longitudinal da casa-grande de Cachoeira do Taepe. Registro cadastral da implantação, do sistema construtivo e usos (Muñoz; Muraro, 2013, p.7)

3.5 Análise do estado de conservação

Nesta etapa, foram elaborados o mapa de danos e os ensaios laboratoriais⁵ e testes, alguns em campo e outros no Núcleo de Tecnologia da Preservação e da Restauração (NTPR), no Laboratório do Instituto de Biologia / Anatomia Vegetal e Identificação de Madeiras (LAVIM), vinculados à Universidade Federal da Bahia (UFBA).

Pesquisas arqueológicas e arquitetônicas, implantadas por mínima intervenção, identificaram danos na matéria e a tipologia do sistema de fundações, reiteraram a técnica construtiva e coletaram amostras dos materiais depois submetidos a ensaios laboratoriais.

A sistematização de dados obtidos demonstrou que os danos estão relacionados a três condições que atuam sobre os materiais constituintes de forma interdependente: a presença inadequada de água, a infestação por insetos xilófagos e a ação antrópica, esta ligada ao desconhecimento, pelos proprietários, das características materiais do bem cultural e à falta de manutenção adequada. Para o presente artigo foi elaborada a tabela 1 que apresenta síntese dos principais agentes, das causas e dos próprios danos identificados durante as pesquisas de 2012.

Na figura 13 o esquema da estrutura da casa-grande elaborado para compreensão do sistema de equilíbrio estabelecido pelos vínculos entre as peças integrantes da grade resultante. Observa-se que todos os perfis de madeira desempenham algum papel na responsabilidade estrutural, independentemente das finalidades específicas a que se destinam.

A análise detalhada deste esquema permitiu estabelecer o conjunto de prioridades relacionadas aos esforços solicitados pela própria estrutura associados aos identificados como danos sobre a matéria, o que ampliou significativamente a demanda e, com isto, as

⁵ Foram realizados: identificação da espécie florestal das madeiras; análise da presença de xilófagos; teor de umidade e ensaio qualitativo de sais solúveis em argamassas de assentamento e revestimento; permeabilidade da telha cerâmica; caracterização do solo e traço provável das argamassas.

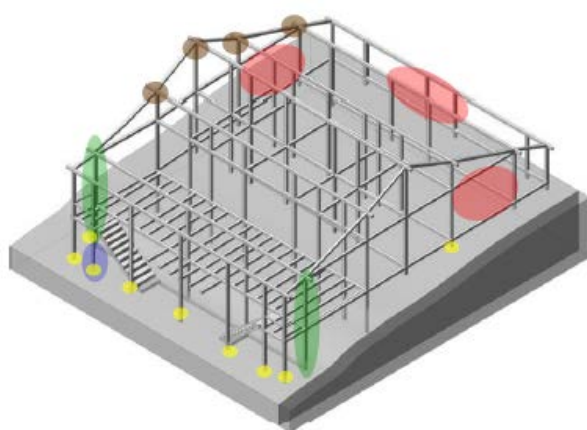
possibilidades de arruinamento do maciço construído.

Tabela 1. Danos: principais agentes e causas

Agentes	Sistemas estruturais		Elementos e componentes				
	Alvenaria de pedra	Taipa de mão	Fundação	Vedação	Coberta	Argamassa barream ^{to} .	Argamassa revestim ^{to}
Água	Higrosc ^{pia} . alta -Infiltr ^{ção}	Higrosc ^{pia} . alta -Infiltr ^{ção}	Deform ^{ção}	Deform ^{ção}	Deform ^{ção} Perdas	Deform ^{ção} Perdas	Deform ^{ção} Perdas
Insetos xilófagos		Infestação alta	Infestação madeiras	Infestação alta	Infestação alta	Perdas	Perdas Fissuras
Ação antrópica	Esgot ^{mt} . inadqdo	Manut ^{ção} . inadqda	Manut ^{ção} . inadqda	Manut ^{ção} . inadqda	Manut ^{ção} . inadqda	Manut ^{ção} . inadq ^{da}	Manut ^{ção} . inadq ^{da}
Solo	Retenção água chuvas	Retenção água chuvas	Retenção água chuvas	Retenção água chuvas		Retenção água chuvas	Retenção água chuvas
Outros danos	Rupturas	Perdas	Rupturas	Perdas	Rupturas	Perda unidade	Perda aderência
	Perda argam ^{sa}	Deform ^{ção}	Deform ^{ção}	Desagr ^{ção} .	Perdas >50%	Fragmt ^{ção} .	Imperm ^{ade} . comprm ^{tda}
			Perda sessão	Rotação	Deform ^{ção}		

Legenda das abreviaturas

Argam ^{sa} .: argamassa	Barrea ^{mt} .: barreamento	Revest ^{mt} .: revestimento
Higrosc ^{pia} .: higroscopia	Infiltr ^{ção} .: infiltração	Deform ^{ção} .: deformação
Desagr ^{ção} .: desagregação	Fragmt ^{ção} .: fragmentação	Imperm ^{ade} .: impermeabilidade
Esgot ^{mt} .: esgotamento	Comprm ^{tda} .: comprometida	Manut ^{ção} .: manutenção



	Desaprumo nas vedações
	Rupturas na alvenaria de pedra
	Ponto vulnerável no esteio
	Perda de seção na cumeeira e terças
	Perda de seção na base de contato

Figura 13. Gráfico do sistema estrutural: esforços e vínculos entre peças no sistema de equilíbrio. Sobre o esquema, danos estruturais estão identificados e mapeados. (Muraro, 2013)

4. PROPOSTA DE CONSOLIDAÇÃO ESTRUTURAL

Esta etapa prevê a conservação da lógica da estrutura primitiva, testemunha da ciência das construções do passado e a preservação, na medida do possível, dos materiais constituintes. Sabe-se, no entanto, que o lançar mão de materiais e técnicas modernas para *salvar* os monumentos é princípio acatado pelos profissionais, já apregoado no século XIX

pelo mestre Viollet-le-Duc (2006) e integra grande parte das cartas patrimoniais. Neste sentido, basta citar a notória Carta de Veneza que preconiza:

Quando as técnicas tradicionais se revelarem inadequadas, a consolidação do monumento pode ser assegurada com o emprego de todas as técnicas modernas de conservação e construção, cuja eficácia tenha sido demonstrada por dados científicos e comprovada pela experiência (Carta de Veneza, 1964, art. 10, p.3).

4.1 Procedimentos metodológicos

Como intervir na matéria? Onde atuar? Quais os procedimentos? O projeto de restauração da casa-grande (Muraro, 2013) desenvolveu-se em duas etapas: a de investigação, prévia às obras propriamente, e a das soluções propostas setorizadas em ações de consolidação estrutural, conservação (ambas atuam sobre a matéria constituinte da morada) e requalificação (voltada para as áreas de entorno imediato a ela). Os limites para o desenvolvimento do tema, no âmbito do presente artigo, limitaram a apresentação das ações de consolidação estrutural com dados expressos nas tabelas 2, 3 e 4 que sintetizam as decisões projetuais adotadas.

Tabela 2: Consolidação das fundações

Elemento	Materiais	Medidas curativas, preventivas e profiláticas	Etapas de atuação
Fundação	Pedra e barro	1ª Eliminação das rupturas (acima do solo) 2ª Consolidação - Aumento plano de apoio - Recomposição	Reparos nas rupturas -preenchimento com pedra e argamassa compatível a base de barro, após eliminar causas.
			Escoramento do telhado e laterais
			Retirada de material impróprio à estrutura ou em descolamento
			Socalque: ampliar base da fundação com pedra local, argamassa de barro e cimento compatível com a encontrada.

Tabela 3: Consolidação dos elementos estruturais em madeira

Elemento	Materiais	Medidas	Etapas de atuação
Verticais (pilares/esteios) Horizontais (vigas: baldrame e frechal)	Madeira	1ª Realinhamento da peça se possível 2ª Recomposição de peças 3ª Substituição por nova 4ª Complemento das partes faltantes e preenchimento de fraturas	Por esforço mecânico realinhar peças em bancada
			Emendas abaixo do solo
			União com parte nova: chapa metálica, parafusos e porcas
			Emendas aparentes
Verticais horizontais	Madeira	1ª Realinhamento da peça se possível 2ª Recomposição de peças 3ª Substituição por nova 4ª Complemento das partes faltantes e preenchimento de fraturas	Introdução de barras metálicas internas fixadas com resina epoxídica, método <i>Wood Epoxy Reinforcement</i> .
			Consolidação chapa metálica colagem polimérica (epóxi ou poliéster)
			Aplicar fundação nas peças soltas
			Substituir peças com madeira igual ou compatível
			Impregnação resina acrílica (4ª)

Obs.: Quanto aos materiais na consolidação, "ser compatível significa conciliar propriedades físico-químicas e estéticas sem obrigatoriamente usar materiais idênticos" (Kanan, 2008, p.22)

Tabela 4: Consolidação da cobertura

Elemento	Materiais	Medidas	Etapas de atuação	
Cobertura	Madeira (cumeeira, caibros, terças, pernas, frechais, ripas, pontaletes)	1ª Substituição dos caibros	Substituição (grandes vãos): peças de maior diâmetro (~15cm) e mesma espécie ou de resistência similar.	
		2ª Restauração de peças: quando possível	Emendas aparentes (prótese e resina).	
		3ª Estabilização das deformações: vãos 4,65 m	Viga <i>box</i> metálica intermediária: conforme detalhe.	
		4ª Substituição das ripas	Ripas novas serradas.	
	Cerâmica (telhas tipo capa e canal)	1ª Triagem das peças remanescentes 2ª Substituição das peças danificadas 3ª Limpeza peça a peça		Extração vegetação oportunista
				Reaproveitadas: Lavagem neutra escova cerdas macias.
				Peças novas: mesmas dimensões das remanescentes, processo manual.
				Retelhamento: fixação das peças com grampo inoxidável ou cobre.
				Substituição (grandes vãos): peças de maior diâmetro (~15cm) e mesma espécie ou de resistência similar.
				Emendas aparentes (prótese e resina).
				Viga <i>box</i> metálica intermediária: conforme detalhe.
				Ripas novas serradas.
				Extração vegetação oportunista
				Reaproveitadas: Lavagem neutra escova cerdas macias.
				Peças novas: mesmas dimensões das remanescentes, processo manual.
				Retelhamento: fixação das peças com grampo inoxidável ou cobre.

Na figura 14. o registro gráfico da consolidação proposta entre partes de viga horizontal (baldrame, frechal, barrotes) com uso de chapa metálica e resina para fixação. Conforme ilustrado na figura 15. a viga-*box* correrá por baixo dos caibros e será soldada a duas chapas metálicas que serão fixadas através de barras rosqueadas nas empenas reforçadas por cantoneiras metálicas.

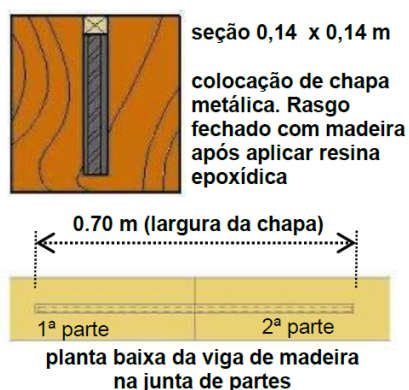


Figura 14. Consolidação de vigas (Muñoz; Muraro, 2013, p.19)

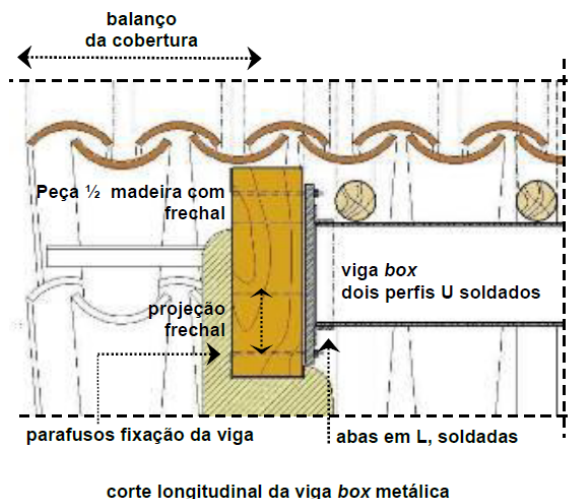


Figura 15. Detalhe de viga-box metálica intermediária nos grandes vãos da casa-grande (Muñoz; Muraro, 2013, p.20)

Especificamente sobre a madeira, foram projetadas providências consagradas relativas ao indispensável tratamento de todas as partes e peças deste material presente no edifício, novas e/ou remanescentes, inclusive escadas, balcões, esquadrias, contra a ação de agentes xilófagos (por imersão ou por pincelamento) e contra a ação danosa (superficial ou por absorção) da água.

Estão previstas medidas preventivas nos pontos de contato com os novos materiais empregados nas consolidações (metais e resinas) para a devida proteção da madeira e a melhoria da compatibilidade entre os materiais.

As argamassas, assim com a madeira, participam de todo o sistema e são integrantes do sistema construtivo neste exemplar rural. O desafio maior para novas misturas será conquistar equilíbrio adequado no que diz respeito à porosidade (trocas com ambiente) em relação à impermeabilidade superficial diante das intempéries. A coesão entre as misturas deve considerar que a resistência será diminuída de dentro do bloco para fora.

Conforme detalhado por Kanan (2008, p.64) considera-se conveniente prever orientação aos executores da consolidação para utilização de “métodos expeditos” (ensaios simples tradicionais) em laboratório básico a ser instalado no próprio canteiro de obras, providência adequada no enfrentamento de possíveis dificuldades externas (área rural, ausência de conhecimento técnico, impossibilidade financeira...) que impeçam a realização de testes laboratoriais mais complexos.

4.2 Procedimentos sobre os materiais

Tabela 5: Materiais novos

Material	Procedimentos e recomendações
Argamassas	
Barreamento	Amostras: (1:2:11- cal: argila: areia) mista, presença acentuada de grossos; possível adição de solo).
Revestimento	Novo: misturas à base de solos finos e cal como aditivo (estabilizante) e adição de água na proporção entre 20% e 30%; executado manualmente nas duas faces dos paramentos.
	Amostras: (1:4 – cal: areia) com presença desprezível de finos.
	Novo: semelhança de traço e tipos (ligante e agregados) ou compatível
	*Aspersão prévia água da hidratação cal virgem : aderência camadas
	*Preenchimento nos descolamentos: argamassa rica em cal com aditivo

	hidráulico (pega acelerada): Recobrimento de faces úmidas; aplicação após o início da retração; várias camadas finas: facilitação e cura.
	*Rebocos: aditivos: impermeabilidade, resistência aos xilófagos e saneamento de sais solúveis.
Pintura	Acabamento preparado à base de cal fina: aplicado em várias demãos sobre reboco em cura, superfície úmida previamente escovada.
Madeiras	Amostras: ipê-amarelo (<i>Tabebuia sp.</i>); louro-canela (<i>Ocotea sp.</i>); cerejeira (<i>Amburana cearenses</i> ; Allemão A.C.Sm.) aroeira-do- sertão (<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão)
	Novos: substituição integral de peças comprometidas
	*Aplicação de prótese nas perdas parciais
	*Solidarização partes novas de esteios nas bases e topos com baldrames ou frechais por sambladura a meia-madeira e parafusos inoxidáveis.
	*Partes ou peças: nativas do agreste pernambucano, sob extração legal e manejo.

Obs.: Medidas de proteção contra umidade excessiva e insetos xilófagos estão previstas sobre todos os materiais remanescentes ou novos

As condições do entorno imediato da casa-grande, como se encontravam em 2013, impuseram medidas no sentido de minimizar o impacto causado pela água das chuvas sobre a estrutura da casa-grande. Trata-se de reduzir o tempo da permanência da água nos paramentos; diminuir a quantidade de líquido que entra em contato com os materiais das paredes e da alvenaria de pedra e atenuar o encharcamento do terreiro fronteiro e do de quintal.

Tabela 6: Drenagem natural

Projeto drenagem	Procedimentos e recomendações
	Reiteração das linhas naturais do terreno no trecho estudado
	Previsão de sistema integrado
	Calha periférica próxima ao perímetro da casa
	Disciplinamento das águas das chuvas: afastar os cursos das bases da casa
	Reaproveitamento das águas para irrigação e lavagens

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O processo de recuperação da casa-grande de Cachoeira do Taepe foi levado a termo entre os anos de 2019 e 2021, por iniciativa da família proprietária do bem tombado. Dispôs para isto, do projeto de restauração produzido entre 2012 e 2013 como estudo de caso do mestrado profissional MP-CECRE/2012, por iniciativa do IPHAN e doação formal da autora.

Ao que se sabe até o presente momento, as recomendações técnicas ali desenvolvidas parecem ter parcialmente implantadas. No entanto, a responsável pelo documento projetivo esteve fora do processo executivo, portanto sem a possibilidade de registro de procedimentos adotados, medida que permitiria validar ou rever decisões projetuais. Em cinco de novembro de 2021, a obra foi oficialmente considerada satisfatória pelo IPHAN em Pernambuco.

A consolidação proposta em 2013 para a casa-grande da Fazenda Cachoeira do Taepe esteve focada nos princípios basilares da preservação do patrimônio material no Brasil o que previu privilegiar o resgate de materiais e técnicas construtivas do período em que foi executada, inclusive pelas qualidades relacionadas à preservação ambiental. Esta atitude, no entanto, diante do estado de degradação em que se encontrava o imóvel em 2012, pode

dispor de propostas técnicas contemporâneas ao projeto como recursos inovadores que facilitarão a permanência da casa de morada por prazo mais alongado.

O emprego da taipa de mão em todas as vedações da edificação secular estudada, após o largo processo de conhecimento promovido em 2012/2013, permite assegurar que esta solução integra a tipologia consagrada entre os sistemas mistos tradicionais de origem portuguesa. As análises por arquitetura comparada, levadas a termo no período das pesquisas, inclusive no entorno da fazenda, confirmam esta assertiva.

A dita vulnerabilidade atribuída a estas vedações, diante da permanência secular em Taepe e não só, sugere que, mais do que frágil, o sistema deve estar constituído integralmente (inclusive no que se refere ao revestimento), ao tempo em que exige vigilância permanente com eventual substituição de partes integrantes. O desconhecimento relacionado aos materiais do edifício, por parte dos usuários, somado à falta de manutenção adequada, são causas associadas à maioria dos danos identificados.

A intervenção proposta seguiu duas vertentes: a primeira está relacionada às causas dos danos, previstas providências curativas e imediatas. A segunda é constituída pela disponibilização das informações técnicas e eventual treinamento dos responsáveis pela conservação e pela manutenção do bem cultural, constituindo as futuras providências preventivas.

Acredita-se que as propostas apresentadas neste artigo integram metodologia de consolidação estrutural em restauração, cujo desenvolvimento poderá ocorrer com base na pesquisa interdisciplinar sistemática, inclusive no âmbito de atuação de entidades como a Rede Terra Brasil.

Finalmente, reitera-se a relevância do uso de: técnicas e materiais tradicionais (inclusive por permanecerem disponíveis, portanto contemporâneos), a princípio de baixo custo ao serem obtidos nas proximidades da obra; do conhecimento do “fazer” pelos mestres locais ainda em atividade; das pesquisas continuadas em busca de soluções contemporâneas, no que possam representar ampliação da estabilidade e sobrevivência do bem cultural.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Carta de Veneza (1964). Disponível em: <<http://www.iphan.gov.br>>

IPHAN – Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (1981). Arquivo Central. Processo de Tombamento IPHAN nº. 1038-T-80. Inscrição nº 487, fls. 84, Livro de Tombo Histórico em 27/02/1981

Kanan, Maria Isabel. (2008) Manual de conservação e intervenção em argamassas e revestimentos à base de cal. Brasília: IPHAN, Programa Monumenta

Leal, Inara R.; Tabarelli, Marcelo; Silva, José Maria Cardoso da (2003). Ecologia e conservação da caatinga 2. ed. Recife: Ed. Universitária da UFPE

Mello, José Antônio Gonsalves de (1966). Três roteiros de penetração do território pernambucano (1738 e 1802). Monografia nº. 3. Instituto de Ciências do Homem. Recife: Imprensa Universitária

Muraro, Carmen Lucia (2013). Projeto de restauração da casa-grande e da fazenda Cachoeira do Taepe. Dissertação de Mestrado Profissional. Mestrado Profissional em Conservação e Restauração de monumentos e Sítios Históricos (MP-CEDRE/UFBA) Disponível em : <http://repositorio.ufba.br/ri/handle/ri/21141>

Muñoz, Rosana ; Muraro, Carmen Lucia. (2013). Proposta de consolidação estrutural da cas-grande da Fazenda Cachoeira do Taepe em Pernambuco. Encontro Internacional Arquivemória 4 sobre patrimônio edificado. Salvador, Brasil

Santiago, Cybèle Celestino (2001). O solo como material de construção. Salvador: Editora Universidade Federal da Bahia (EDUFBA)

Viollet-le-duc, Eugène Emmanuel (2006). Restauração. Cotia: Ateliê Editorial

AGRADECIMENTOS

Entre tantos colaboradores que voluntariamente atuaram nas diversas frentes da pesquisa, especial gratidão à doutora Rosana Muñoz, da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal da Bahia (UFBA), que orientou o projeto de restauração da casa-grande de Cachoeira do Taepe, entre 2012 e 2013, especialmente nos aspectos relacionados à engenharia estrutural voltada para a consolidação deste objeto preservado como bem cultural do Brasil.

AUTORES

Carmen Lucia Muraro, mestre em conservação e restauração de monumentos e sítios históricos (MP-CECRE, 2013), arquiteta e urbanista. Integrou o quadro técnico do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional até 2016, no planejamento das ações, fiscalização, gerenciamento de projetos, pesquisas técnico-históricas do patrimônio material. Atua em equipes interdisciplinares que desenvolvem projetos e pesquisas de arquitetura, históricas e de campo.

Ulisses Pernambucano de Melo Neto, arqueólogo com especialização em história e história da arte pela UFPE (1973). Coordenou a primeira pesquisa de arqueologia industrial no Sítio do Físico, Maranhão e a primeira de arqueologia subaquática no naufrágio do Galeão Sacramento, Bahia. Atuação relevante em arqueologia da arquitetura desde a década de 1970. Integrou o quadro técnico da Fundação do Patrimônio Histórico e Artístico de Pernambuco. 35 trabalhos publicados.



ARQUITETURA COM TERRA EM SERGIPE: DO APOGEU DO AÇÚCAR ATÉ METADE DO SÉCULO XIX

Leonardo Ribeiro Maia¹; Steffany do Nascimento Costa²; Vanessa Andrade Bispo³

Universidade Tiradentes, SE

¹leonardo.maia@souunit.com.br; ²steffany.nascimento@souunit.com.br; ³vanessa.andrade@souunit.com.br

Palavras-chave: patrimônio, catalogação, construção com terra

Resumo

A arquitetura com terra foi desenvolvida em Sergipe com a chegada dos portugueses e espanhóis no século XVI. Durante o apogeu da economia açucareira (século XVIII), os grandes engenhos de cana-de-açúcar e casarões coloniais foram símbolo da arquitetura e construção com terra de qualidade. Após a transferência da capital para Aracaju (1855) e uma série de ações políticas, as técnicas construtivas com terra foram precarizadas, relegadas a pequenas edificações malfeitas e inseguras nas zonas rurais. O objetivo dessa pesquisa é revelar a importância das edificações como parte do testemunho histórico e base do conhecimento da tecnologia construtiva que utiliza a terra como material de construção; avaliar os valores históricos, artísticos, estéticos e tecnológicos dessas construções compreendendo os significados das arquiteturas tradicional, popular, vernácula e a autoconstrução como manifestações socioculturais do povo sergipano; catalogar as obras para salvaguardar esse patrimônio e valorizar a cultura construtiva com a divulgação do conhecimento. A partir do levantamento bibliográfico sobre a história e arquitetura de Sergipe foram elencadas edificações e realizadas visitas técnicas, tanto nas edificações feitas com terra quanto em inventários do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN). As edificações foram classificadas cronológica e espacialmente, indicando o estado de conservação, contexto histórico e técnicas utilizadas.

1 INTRODUÇÃO

O conhecimento sobre as técnicas construtivas com terra ressalta a importância do uso desse material como uma opção adequada ao clima nordestino pela sua propriedade de inércia térmica, bem como a facilidade de execução e viabilidade econômica. Em Sergipe, a taipa de mão e adobe são técnicas que fizeram parte da tradição construtiva iniciada com a chegada dos povos ibéricos no século XVI. No período colonial, a arquitetura com terra foi desenvolvida nas primeiras capelas das missões jesuíticas, ascendeu no apogeu da economia açucareira e nas casas populares. No século XIX, essa técnica construtiva foi restringida em favor da utilização de outras técnicas construtivas como alvenaria de pedra ou tijolo convencional, principalmente, através de ações governamentais de proibição e erradicação de edificações construídas com terra.

Este artigo tem o objetivo de reconhecer as edificações construídas com terra como parte da parte do testemunho histórico e base do conhecimento da técnica construtiva que utiliza a terra como material de construção, além da cultura de Sergipe (entendida, de forma geral, como representação de práticas populares). Revela a importância desses edifícios através da compreensão das influências étnicas que contribuíram na arquitetura e construção do Estado e no desenvolvimento de um acervo para documentação e publicação dos resultados obtidos. Nesse estudo, focaremos na importância histórica e sociocultural da arquitetura feita com terra localmente, avaliando os valores históricos, artísticos, estéticos e tecnológicos dessas construções e compreendendo os significados das arquiteturas tradicional, popular, vernácula e a autoconstrução como manifestações socioculturais do povo sergipano. E, por fim, catalogar as obras para salvaguardar esse patrimônio e valorizar a cultura construtiva com a divulgação do conhecimento.

As construções que utilizaram da terra, com ou sem outros materiais agregados, contam uma parte da história da formação e dos povos que chegaram em Sergipe. Cada grupo étnico que passou pelo Estado deixou alguma característica do seu povo e, logo, a cultura construtiva foi ampliada. Reconhecer a importância dessas construções como testemunho histórico das tecnologias construtivas em Sergipe é importante para entender a história do lugar. Além disso, colabora para ressaltar as vantagens de se construir com terra tanto no viés ambiental como na preservação do patrimônio cultural do Estado.

Inicialmente, a pesquisa bibliográfica teve como foco entender, cronológica e espacialmente, a história da formação de Sergipe, tanto em relação aos povos que viveram no Estado quanto a influência na forma que eles construíam suas moradias, engenhos, fábricas, entre outras edificações. Os primeiros povos a serem estudados foram os originários de Sergipe, habitantes do território sergipano antes da chegada dos povos ibéricos; os últimos foram estudados e analisados para organização de uma cronologia da inserção das técnicas construtivas no Estado. Além desses dois grupos, analisamos outros grupos que viveram em Sergipe: os holandeses, os africanos e os italianos.

Para valorizar e ampliar a utilização da cultura construtiva, é necessário discutir conceitos comumente utilizados na construção com terra, a exemplo de arquitetura tradicional, popular, vernácula e autoconstrução. Esses conceitos são frequentemente confundidos e, de maneira equivocada, são resumidos - por grande parte da população - a casa de taipa ou barro, tratados como algo pejorativo que abrange construções irregulares, inacabadas e vulneráveis. Por isso, há a necessidade de discutir esses temas e divulgá-los de modo didático para toda a comunidade - científica e popular - assim, facilitando o entendimento e uma possível ampliação do uso da terra como material construtivo.

1.1 *Arquitetura tradicional, popular, vernácula e autoconstrução*

Os conceitos de arquitetura tradicional, popular, vernácula e autoconstrução são bastantes discutidos por terem semelhanças entre si e causando - entre autores que abordam esse tema - controvérsias ao defini-los e empregá-los nas discussões. Não há uma definição mais correta que outra, mas convém definir o viés conceitual em que a pesquisa se baseará para tratar as questões abordadas.

Ao discutir sobre o que é arquitetura, Costa (1962 apud Lemos, 1994) afirma que a construção, enquanto apenas satisfação das exigências técnicas, funcionais e decorativas não é ainda arquitetura. Torna-se arquitetura quando quem idealizou - popular ou erudito - reflete sobre os cheios e vazios, a fixação dos volumes e subordinação deles à uma lei e se atenta ao seu valor expressivo. Isso tudo ao se somar aos preceitos técnicos e funcionais, proporciona unidade, clareza, expressão e ritmo à construção, transformando-a em arquitetura. Logo, a arquitetura é a forma plástica, técnica e funcional como produto da essência e características de quem a idealiza.

Segundo Unwin (2013), a arquitetura envolve muito mais do que projetar edificações, está diretamente relacionada a uma organização conceitual e estrutura intelectual. Ela muda e evolui à medida que novas formas de identificar lugares são inventadas ou aprimoradas. Tal definição pode ser aplicada desde simples edificações rústicas até conjuntos urbanos formais e edifícios grandiosos.

Ao tratar sobre a autoconstrução, Rudofsky (1964) busca esclarecer algumas colocações acerca desse mundo arquitetônico. Segundo o autor, é tão pouco reconhecido que nem sequer tem um nome. Por falta de uma etiqueta genérica, chama-se de vernácula, anônima, espontânea, indígena, rural, conforme o caso. Ele afirma que o pouco conhecimento produz uma visão distorcida causada pela escassez de documentos, visuais ou não, sobre essas construções.

1.2 *Arquitetura tradicional*

A arquitetura tradicional deriva da aplicação efetiva da tradição construtiva e do conhecimento empírico, baseada na transmissão do conhecimento entre gerações. Explora

principalmente peculiaridades regionais que utilizam recursos locais, como resposta ambiental e evento cultural. Permitem-se investimentos mais significativos, aplicados por estratos sociais mais elevados e adquirir, portanto, uma conotação monumental. Uma parcela significativa da arquitetura tradicional pode ser considerada vernácula e popular (Carlos *et al.*, 2015).

De acordo com Unwin (2013), a arquitetura tradicional está relacionada a lugares que, por meio da familiaridade e do uso, passaram a identificar as percepções e expectativas dos seus usuários. “A arquitetura é realizada por e para pessoas, que têm necessidades e desejos, crenças e aspirações; que têm sensibilidades estéticas afetadas pela sensação de calor, tato, olfato, som, bem como por estímulos pessoais” (Unwin, 2013, p. 23). Essas percepções refletem no conjunto de formas e técnicas validadas por experimentações antecedentes, que são repetidas e modificadas de acordo com os objetivos de determinado grupo ou região.

1.3 Arquitetura popular

A arquitetura popular é oposta à aplicação do conhecimento científico e à expressão monumental da arquitetura. É uma arquitetura sensível aos valores regionais, no entanto sobrepõe a otimização econômica a qualquer outro parâmetro ambiental. Geralmente sua implementação é realizada pelos próprios usuários que produzem edificações modestas. Por requerer uma despesa mínima, é comum utilizar-se de materiais e meios de construções precários, podendo incluir todos os tipos de edifícios atuais, dotados das condições mencionadas. Esses materiais e técnicas construtivas podem ou não ser da região onde são aplicados, isso resulta num distanciamento de princípios entre a arquitetura popular e vernácula e, conseqüentemente, da tradicional (Carlos *et al.*, 2015).

Segundo Weimer (2005), a arquitetura popular está relacionada ao que é próprio das camadas intermediárias da população, excluindo a arquitetura caracterizada como erudita. As técnicas construtivas utilizam materiais fornecidos pelo meio ambiente empregados de forma simples. Faz parte de um conhecimento passado entre gerações, que pode ser adaptado a novos recursos sem deixar de expressar a origem a que pertence. A forma plástica da arquitetura popular é o resultado da técnica e dos materiais utilizados podendo obter resultados autênticos, mas quase sempre pode ser o resultado da imitação da arquitetura erudita de uma forma adaptada às condições pré-existentes.

1.4 Arquitetura vernácula

Esse termo refere-se às edificações específicas em um determinado contexto geográfico, em resposta aos ambientes físico e cultural. Isso significa que se utiliza de técnicas e processos locais ao construir, dando origem a modelos tipológicos específicos de uma região. Além disso, o termo não é mais usado como um processo de construção primitivo e, sim, foi aproximado aos conceitos de arquitetura regional ou autóctone (Rapoport, 1969 apud Teixeira, 2017).

Segundo Weimer (2005), o termo vernáculo originalmente é designado ao escravo nascido na casa do senhor; com o tempo ganhou o significado de algo que é próprio de um país ou região, portanto, a arquitetura vernácula seria caracterizada pelo uso de materiais e técnicas construtivas locais, mas de acordo com o autor é um adjetivo mal-empregado na arquitetura. Isso é, o autor acredita que o termo mais apropriado seria arquitetura popular, pois designa aquilo que é próprio das camadas intermediárias da população.

Nessa pesquisa adotaremos que toda arquitetura vernácula é sempre tradicional, pois caracteriza-se por possuir traços específicos de uma determinada comunidade e sua região, a exemplo do uso de materiais locais, renováveis e adaptáveis ao clima.

1.5 Autoconstrução

Há um mundo desconhecido da arquitetura que não é dominada, a qual nem sequer tem um nome e acaba sendo denominada genericamente de vernácula, anônima, espontânea ou

rural e, como consequência da escassez de documentos - visuais ou não - tem-se uma visão distorcida dessa arquitetura (Rudofsky, 1964).

A autoconstrução de habitações possui diversas denominações, como as que são popularmente conhecidas como casas domingueiras, casas de periferia, casas próprias autoconstruídas, casas de mutirão. A característica básica dessa forma de construir é que sejam edificadas sob gerência direta de seu proprietário e morador que traça, sem apoio técnico, um esquema de construção e em seguida ergue a casa (Bonduki, 1998). Pode-se considerar a autoconstrução sendo a aplicação da técnica e da arte com traços culturais de quem a constrói.

Portanto, a autoconstrução é uma forma de produzir a arquitetura e não o produto em si. O produto da autoconstrução assemelha-se ao conceito de Costa (1952) da arquitetura como a construção concebida com a intenção de ordenar e organizar plasticamente o espaço, em função de um determinado meio, época, técnica e programa. Apesar de ser construída pelos moradores, há a aplicação de uma técnica que varia de acordo com a época da construção, embora não haja uma supervisão técnica profissionalizada, existe um planejamento para preencher os cheios e vazios do espaço onde a expressão cultural dos moradores se sobressai.

2 INFLUÊNCIAS DA FORMAÇÃO ÉTNICA NA CULTURA CONSTRUTIVA DE SERGIPE

Ao tratar sobre a arquitetura com terra em Sergipe é essencial saber quando e por quem foi iniciada a construção com esse material no Estado. Foi feita uma pesquisa objetivando entender a formação construtiva e étnico-cultural de Sergipe, desde os povos originários até os mais recentes estrangeiros que chegaram a terras sergipanas.

2.1 Povos originários

Há registros indicando que o território que compõem o Estado de Sergipe seja habitado há mais de 9.000 a.C. Os primeiros a ocuparem esse território foram os povos das Culturas Canindé, Aratu e Tupi-Guarani. Uma das características das casas tradicionais dos povos originários é sua construção com materiais vegetais, acessíveis nas redondezas de Sergipe (Carvalho, 2003).

Os Tupinambás (povos Tupi) buscavam se estabelecer em regiões secas e em terras frias, edificando suas aldeias próximo às matas, de onde tiravam materiais como paus, palhas e fibras para construção das malocas (figura 1) (Carvalho, 2003; Dantas; Diniz, 1991).

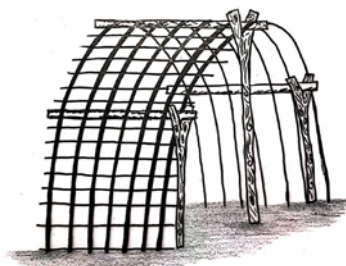


Figura 1. Estrutura da maloca dos Tupinambás (autores, 2019)

Na busca acerca dos traços culturais arquitetônicos dos povos originários não foram encontradas edificações construídas com terra antes do contato com os povos ibéricos.

2.2 Povos ibéricos

Em 1575, os portugueses iniciaram o processo de catequização dos povos originários de Sergipe através de missões jesuíticas comandadas pelos padres Gaspar Lourenço e João Salônio, que impuseram a construção de três capelas para o ensino da religião católica. As capelas foram erguidas nas aldeias denominadas pelos portugueses de Aldeia de São

Tomé, Aldeia de Santo Inácio e Aldeia de São Paulo (Dantas; Diniz, 1991). Segundo Nascimento (1981), era comum que essas capelas fossem construídas em taipa de mão ou de sopapo, com cobertura de palha. A aldeia de São Tomé localizava-se onde atualmente é Santa Luzia do Itanhy, a primeira capela erguida no povoado foi o espaço para a primeira missa jesuítica realizada em Sergipe e, assim, tornou-se um marco de celebrações religiosas no Estado (não foram encontrados registros iconográficos dessa edificação).

Como consequência do período de catequização - maior contato entre os povos - houve uma miscigenação de traços culturais e, principalmente, a disseminação da cultura dos portugueses entre os indígenas. Há também a influência espanhola (vieram com os portugueses durante a União Ibérica, entre 1580-1640) na parte plástica da arquitetura de Sergipe, mas não diretamente nos materiais construtivos.

Os jesuítas que chegaram ao Brasil costumavam construir utilizando terra, pedra e cal, tanto edificações religiosas como civis (Costa, 1952). Segundo o Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN, 1943), a Casa de Tejupeba e Capela do Colégio, em Itaporanga d'Ájuda (figura 2), foram as primeiras construções realizadas pelos jesuítas na Colônia Portuguesa na América, e todo seu acervo foi tombado em 1943. Elas foram construídas com uma mistura de materiais, mas sua vedação foi realizada com taipa de mão, evidenciando a inserção do uso da terra pelos portugueses logo nas suas primeiras construções em Sergipe.



Figura 2 - Casa de Tejupeba e Capela do Colégio em Itaporanga d'Ájuda.

A indústria do açúcar possibilitou, no século XVII, em grande escala, a construção de raros exemplares da arquitetura religiosa e civil. Isso foi possível pelas várias doações de terras feitas aos jesuítas - e outros grupos religiosos, como carmelitas e franciscanos - para a edificação dos seus templos. No século XVII, os jesuítas impulsionaram a construção de capelas nas zonas rurais e, frequentemente, essas edificações eram feitas de taipa de mão (Nascimento, 1981).

Portanto, pode-se concluir que houve o uso das técnicas construtivas com terra pelos ibéricos (especialmente a taipa de mão), embora sejam encontradas, com maior frequência, construções jesuíticas que utilizaram pedra e cal. As principais técnicas utilizadas eram as técnicas mistas (taipa de mão) e adobe.

2.3 Povos africanos

Segundo Weimer (2005), podem ser vistas influências das culturas africanas na arquitetura brasileira através das contribuições dos bantos e sudaneses, grupos de diferentes etnias africanas que fazem parte dos países de origem dos povos escravizados trazidos ao Brasil (Guiné, Angola e Moçambique).

Os bantos costumavam construir paredes de taipa de mão, utilizado o barro amassado puro ou, preferencialmente, misturado com esterco de vaca por funcionar como inseticida. A vedação poderia ser feita em apenas um lado da parede ou por ambos. Em alguns casos, o acabamento era feito com argamassa de barro fino alisado. Para os sudaneses era comum a construção de paredes em taipa de pilão, adobe ou taipa-de-sopapo. Na taipa de pilão, o barro era misturado com azeite-de-dendê, esterco de vaca ou pó de carvão, socado em

caixas de 50x50x100 centímetros (Weimer, 2005). Em Sergipe, foram encontrados apenas dois exemplares utilizando essa técnica, um deles é a Biblioteca Luminescência de Artes Visuais, localizada em Santa Luzia do Itanhy (2014) e a outra edificação é a sede da prefeitura de São Cristóvão (1951).

Dentre os povos escravizados que chegaram ao Brasil surgiram grupos que fugiam das fazendas no período da escravidão e formaram comunidades restritas para esses fugitivos (Weimer, 2005). Essas comunidades ficaram conhecidas por quilombos, sua população é predominantemente negra, baseada na ancestralidade, no parentesco e em tradições culturais próprias. Em Sergipe, segundo o INCRA (2015), existem 31 comunidades quilombolas identificadas pela Fundação Cultural Palmares. Dentre essas comunidades, encontra-se a do Sítio Alto, em Simão Dias, onde as primeiras casas foram executadas com estruturas de madeiras retiradas das matas locais, taipa de sopapo e coberturas de palha. Através do Plano Estadual de Habitação de Interesse Social, em Sergipe, foi desenvolvido um projeto de substituição das casas de taipa por novas edificações em alvenaria de blocos e telhas cerâmicas (Sergipe, 2010).

No quilombo urbano Maloca, formado por populações afrodescendentes do interior do Estado de Sergipe que migraram para Aracaju em busca de melhores condições de vida, a partir de 1920, as casas foram construídas com taipa de mão ou sopapo e cobertas por palha. Com o tempo, os próprios moradores reconstruíram as casas com alvenaria convencional. Não foram encontradas evidências de que a escolha da técnica construtiva das primeiras casas tinha relação com a preservação das técnicas ancestrais. Um dos moradores relata que ocorreu um incêndio e que esse foi um dos motivos que incentivaram a substituição da técnica construtiva. Atualmente todas as casas são de alvenaria de tijolos cobertas por telha cerâmica (Santos, 2011).

3 METODOLOGIA PARA O ACERVO DAS EDIFICAÇÕES CONSTRUÍDAS COM TERRA EM SERGIPE

Os resultados dessa pesquisa foram obtidos por meio de análises críticas de informações coletadas em registros bibliográficos (livros, artigos, teses acadêmicas, informes disponíveis na internet e documentações técnicas de órgãos de proteção do patrimônio cultural), além de visitas técnicas a algumas cidades de Sergipe para conferir as tecnologias construtivas utilizadas e fazer o registro fotográfico. Além disso, foi feita uma visita ao Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN) na cidade de Aracaju, para colher informações de possíveis edificações construídas com terra e tombadas pelo instituto. A busca por essas edificações limitou-se nas cidades de maior apogeu econômico do ciclo da cana: Santa Luzia do Itanhy, Itaporanga d'Ajuda, Estância, São Cristóvão, Laranjeiras, Indiaroba, Santo Amaro das Brotas.

Ao longo de todas essas fases tratadas anteriormente, foi sendo feita uma catalogação das edificações construídas com terra ou com alguma parte que tenha sido feita com esse material.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Ao listar as edificações construídas com terra em Sergipe, pôde-se perceber uma concentração no leste sergipano, ou seja, no litoral do Estado. O mapa (figura 3) ilustra essa distribuição das construções com terra pelo litoral de Sergipe, com exceção apenas do "Museu de Maria Bonita" que se localiza na divisa de Canindé de São Francisco e Paulo Afonso (BA).

Grande parte dessas construções foi executada entre o século XVII e XIX (tabela 1), enquanto ocorriam embates pelo domínio de território entre os povos que habitavam no Estado. Isso explica a preocupação em estagnar nos litorais, pois havia uma maior facilidade em defender o território através das fronteiras por aonde novos povos chegavam a Sergipe. As edificações produzidas com terra entre os séculos XVII e XIX são -

predominantemente - religiosas, a exemplo das igrejas católicas e dos engenhos de açúcar feitos pelos povos ibéricos. A taipa de sopapo, ou taipa de mão, foi utilizada por esses povos.

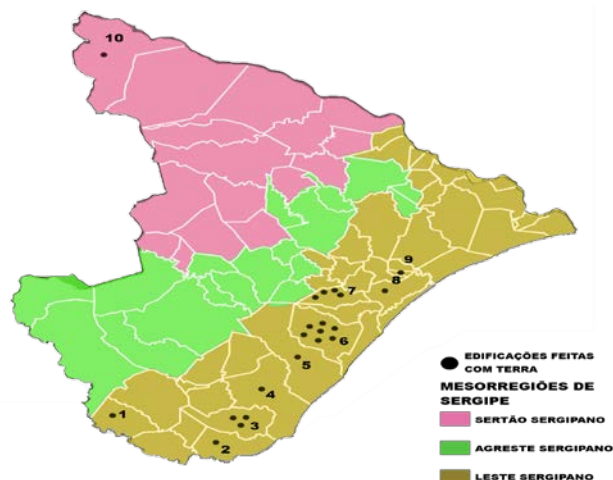


Figura 3. Mapeamento de edificações construídas com terra em Sergipe

Tabela 1. Edificações construídas com terra em Sergipe

Total de edificações:19			Visitas: 8		
Século	Ano	Descrição	Cidade	Técnica	Visita
17	1601	Engenho Colégio – Casa de Tejupeba	Itaporanga d’Ajuda	taipa de sopapo	x
17	1632	Engenho São Félix	Santa Luzia do Itanhy	taipa	x
17	-	Sede do IPHAN	São Cristóvão	taipa	x
17	1688	Igreja Nossa Senhora do Socorro	Tomar do Geru	terracota	
18	1750	Engenho Caieira	Santo Amaro das Brotas	taipa	
18	-	Sobrado do Balcão Corrido	São Cristóvão	taipa	x
19	-	Engenho Boa Vista	Indiaroba	taipa	
19	-	Antigo Teatro São Pedro	Laranjeiras	taipa	
19	1878	Engenho Cedro	Santa Luzia do Itanhy	taipa	
19	-	Sobrado Colonial R. Miranga, 190	Estância	taipa	x
19	-	Engenho Oitocentas	Rosário do Catete	taipa de sopapo	
19	-	Igreja São Benedito e Nossa Senhora do Rosário	Laranjeiras	pedra cal./ taipa de sopapo	
19	-	Engenho Cumbe	São Cristóvão	taipa	
20	-	Casa da Rota do Cangaço	Canidé de São Francisco	taipa	
20	1988	Casa de Farinha de Tonho	Laranjeiras	taipa	
20	1970	Centro Espírita Umbandista Pai Aculano	Laranjeiras	taipa	
20	1951	Sede da Prefeitura de São Cristóvão	São Cristóvão	taipa de pilão	x
21	2014	Biblioteca Luminescências	Santa Luzia do Itanhy	taipa de pilão	x
-	-	Secretaria Municipal de Planejamento e Finanças	São Cristóvão	adobe	x

A arquitetura dos povos originários, feita com materiais vegetais encontrados nas redondezas do local de construção, pode ser considerada vernácula e tradicional por utilizar-se de materiais encontrados na própria região e, por serem adaptáveis e adequados ao clima e solo local. Além disso, a consideramos autoconstrução por ser construída pelos próprios habitantes que expressam suas características e conhecimentos empíricos através de suas moradias.

As igrejas, casarões e sedes de engenhos de açúcar, em sua maioria, foram construídas com terra, pedra e cal, pois eram as técnicas mais utilizadas pelos povos ibéricos. Nesses casos, observa-se que os materiais utilizados foram extraídos da própria região e são adequados para o clima local, tornando essas edificações vernáculas e, iniciando uma nova arquitetura tradicional em Sergipe.

Em relação aos quilombos encontrados em Sergipe, os primeiros foram feitos com madeiras de matas locais, taipa de mão e palha, sendo assim uma arquitetura vernácula. Esses quilombos foram alterados estruturalmente, pois substituíram o uso da terra e palha pela alvenaria convencional de tijolos cerâmicos. Logo, essas construções são autoconstruções e arquitetura popular, pois embora exista uma sensibilidade aos valores regionais, a prioridade é a otimização econômica com habitações modestas gerenciadas pelos próprios moradores, utilizando-se ou não de técnicas e materiais locais.

No século XIX, foi lançado no município de Aracaju (1856), o Código de Posturas Municipal que visava o embelezamento da cidade. Nesse código, as construções populares foram proibidas dentro do quadrado de Pirro. Em 1966, a Secretaria Municipal de Governo de Aracaju da época, definiu um Código de Obras Municipal proibindo as construções feitas com taipa na ZR-1 e ZR-2. De acordo com a Lei nº 19 de 10/06/1966, essas zonas residenciais tinham como delimitação - aproximada - a atual Zona Central (ZAB, Zona de Adensamento Básico), abrangiam grande parte do centro da cidade, o berço comercial aracajuano onde as construções costumavam ser grandes casarões feitos com alvenaria de blocos e telhas cerâmicas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse trabalho apresenta o processo de catalogação do acervo da arquitetura com terra nos municípios de Sergipe, o que o torna uma ferramenta eficiente e acessível para a disseminação da cultura construtiva com terra. Fontes bibliográficas sobre a história de Sergipe foram analisadas e estudadas para compor a catalogação dessas edificações e, por enquanto, foram encontradas edificações construídas com terras em 10 dentre as 75 cidades do Estado. Houve dificuldades para desenvolver o trabalho devido à falta de registros históricos e à crise sanitária do COVID-19 que impossibilitou as visitas técnicas a algumas cidades.

Foi possível identificar a região de Sergipe onde predominam as construções feitas com terra - o leste sergipano - e, inclusive, quais povos as construíram, isso se faz importante para o entendimento da formação étnica e construtiva do Estado. Dados os resultados obtidos, pode-se concluir que esse patrimônio está desaparecendo há algumas décadas, pois há obras incompletas, em ruínas, abandonadas, derrubadas e substituídas por alvenaria de tijolos cerâmicos. Espera-se que com a divulgação desse acervo e dados apresentados, tanto essa parte da história sergipana como as técnicas construtivas com terra possam ser disseminadas e compreendidas pela população.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bonduki, Nabil (1998). Origens da habitação social no Brasil: arquitetura moderna, lei do Inquilinato e difusão da casa própria. São Paulo: Estação Liberdade / FAPESP.

Carlos, G. D.; Correia, M. R.; Rocha, S.; Frey, P (2015). Vernacular architecture. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/299866168_Vernacular_architecture>

Carvalho, Fernando Lins de (2003). de. A pré-história sergipana. São Cristóvão: UFS.

Costa, Lúcio (1952). Considerações sobre arte contemporânea. Os cadernos de cultura. Rio de Janeiro: serviço de documentação MES.

Dantas, B. G.; Diniz, D. M. de F. L (1991), Textos para a história de Sergipe. São Cristóvão: UFS; Aracaju: IHGSE.

IPHAN - Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (1943). Casa de Tejupeba e Capela do Colégio. Livro do Tombo Histórico: Inscr. nº 213, de 21/05/1943. Número do Processo: 289-T-1941. São Cristóvão.

INCRA – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (2015). Comunidades quilombolas atendidas pelo Projeto Dom Távora, em Sergipe, debatem acesso às políticas públicas. Disponível em: <<http://portalsemear.org.br/noticias/comunidades-quilombolas-atendidas-pelo-projeto-dom-tavora-em-sergipe-debatem-acesso-as-politicas-publicas/>> Acesso em 20 de novembro de 2021.

Lemos, Carlos Alberto Cerqueira (1994). O que é arquitetura. São Paulo: Brasiliense.

Nascimento, José Anderson (1981). Sergipe e seus monumentos. Aracaju: J. Andrade.

Rudofsky, B (1964). Architecture Without Architects: a short introduction to non-pedigreed architecture. Garden City, New York: Doubleday & Company Inc.

Santo, Franklin Timóteo Souza do Espírito (2011). Quilombo urbano maloca: territorialidade e ressignificação de processos identitários. Dissertação de Mestrado. Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

Sergipe (2010). Governo substitui casas de taipa por construções em alvenaria no interior. Reportagem de 07 de Abril de 2010. Disponível em <<https://www.se.gov.br/noticias/inclusao-social/governo-substitui-casas-de-taipa-por-construcoes-em-alvenaria-no-interior>>. Acesso em 20 de novembro de 2021.

Teixeira, R. B. (2017). Arquitetura vernacular. Em busca de uma definição. Arqtextos, São Paulo, ano 17, n. 201.01, Vitruvius <<https://vitruvius.com.br/revistas/read/arqtextos/17.201/6431>>

Unwin, Simon (2013). A análise da arquitetura. Porto Alegre: Bookman.

Weimer, Günter (2005). Arquitetura Popular Brasileira. São Paulo: Martins Fontes.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao programa de iniciação científica da Universidade Tiradentes, em especial ao PROBIC/Unit (Programa de Bolsas de Iniciação Científica da Unit) pela concessão de bolsas que colaboram com o desenvolvimento e incentivo da ciência no universo acadêmico.

AUTORES

Leonardo Ribeiro Maia é especialista em ensino de arquitetura pela Escola da Cidade (2020), mestre em tecnologia da arquitetura pela FAUUSP (2016) e arquiteto e urbanista pela Universidade Presbiteriana Mackenzie (2006). É membro da Rede TerraBrasil desde 2012. Professor de Projeto e Conforto Ambiental da Universidade Tiradentes desde 2017. É sócio fundador da Escola Coletiva de Projetos e conselheiro estadual do Conselho de Arquitetura e Urbanismo de Sergipe (2021-2023). Currículo lattes completo em: <http://lattes.cnpq.br/4819526488123454>

Steffany do Nascimento Costa é graduanda em arquitetura e urbanismo pela Universidade Tiradentes, foi pesquisadora da iniciação científica/PROBIC/UNIT (2019-2020) na área de história da arquitetura feita com terra no Estado de Sergipe. Currículo lattes completo em: <http://lattes.cnpq.br/0623947999618609>

Vanessa Andrade Bispo é graduada em arquitetura e urbanismo pela Universidade Tiradentes (2020), foi pesquisadora da iniciação científica/UNIT (2019-2020) na área de história da arquitetura feita com terra no Estado de Sergipe. Currículo lattes completo em: <http://lattes.cnpq.br/8114167859643630>



ARQUITETURA DE TERRA EM REGIÕES AFETADAS PELO ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE FUNDÃO

Gabriela T. L. Lage¹; Júlia A. W. Nogueira²; Saulo H. M. Saraiva³; Sofia A. L. Bessa⁴

Universidade Federal de Minas Gerais, ¹gabrielatlanna@gmail.com; ²jujuwebern@gmail.com; ³sheepsaulo99@gmail.com; ⁴sofiabessa@ufmg.br

Palavras-chave: técnicas vernáculas, mineração, arquitetura colonial, arquitetura popular, patrimônio construído.

Resumo

As construções feitas a partir da terra tiveram uma expressiva presença no Brasil, principalmente até o século XIX, a partir de influências indígenas, africanas e coloniais. Em Minas Gerais diferentes técnicas foram aplicadas em diferentes contextos. O adobe e o pau a pique foram mais empregados em residências ou em vedações internas quando havia mistura de técnicas. A técnica da taipa de pilão foi aplicada em construções mais complexas, como a parte estrutural de igrejas. O rompimento da barragem de Fundão, em 2015, gerou uma grande quantidade de impactos ambientais e humanos ao longo da bacia do Rio Doce. Houve diversos danos ao ambiente construído relacionados aos municípios mais próximos da barragem, como Mariana e Barra Longa. Este artigo pretende investigar a presença de construções que usaram a terra como matéria-prima nos locais mais próximos ao desastre; entender o contexto em que essas construções estão presentes no território; investigar as ações e contrapartidas realizadas pelas mineradoras e responsáveis pelo desastre; e, por último, discutir a importância desses registros para a técnica da construção com terra em Minas Gerais. Conclui-se que muitas edificações de terra foram destruídas ou impactadas pelo rompimento da barragem. Existem iniciativas que visam restaurar os bens culturais imóveis que sofreram danos, porém muitas das edificações populares construídas com terra, que não são consideradas oficialmente como bens culturais, também foram perdidas. A perda da memória construtiva tradicional é clara. Entretanto, a iniciativa da Escola de Ofícios de Mariana é um exemplo de papel multiplicador desse conhecimento, que foi e ainda é recorrentemente ameaçado.

1 INTRODUÇÃO

Na América Latina, as edificações com terra são importantes na construção da identidade histórica do povo, uma vez que estão diretamente relacionadas ao crescimento das famílias latino americanas, proporcionando abrigo e proteção (Flores, 1994). No Brasil, não foi diferente se comparado ao restante do sul do continente, no qual a influência das técnicas com terra, segundo Pisani (2004), veio tanto dos portugueses quanto dos africanos e indígenas, todos com experiência em construção utilizando a terra. De acordo com Silva *et al.*, (2018), não se sabe ao certo o grau de influência na arquitetura de terra brasileira entre indígenas e colonizadores. Por fim, Weimer (2012) abordou diversas técnicas construtivas com terra recorrentes no Brasil vindas através dos colonizadores. Apesar disso, o autor enfatiza a tradição dos africanos com vedações em pau a pique e relata que construções com torrões no Brasil podem ser, possivelmente, de origem indígena.

Parte da ocupação de Minas Gerais surgiu a partir do século XVII, em detrimento da exploração de minério no Estado, majoritariamente do ouro, no período colonial. Nesta época, aconteceu o *boom* populacional causado pela mineração, que, embora tenha sido decisiva e nuclear, não foi a única atividade econômica do Estado, já que na mesma época apostava-se na agropecuária, comércio e manufatura (Paula, 2007). Após o término do ciclo do ouro, na segunda metade do século XVIII, embora o Estado tenha conseguido diversificar a sua matriz econômica, a extração de minério de ferro, a partir do século XX, foi o ponto principal para que indústrias como a Vale, a Samarco e a Alcan se estabelecessem na

região, de forma a ocupar e urbanizar intensamente diversos municípios, tal qual estimular o setor terciário (Silva, 2005).

A presença da atividade mineradora em Minas Gerais, segundo Rocha Neto (2020), por si só, já impacta profundamente o estilo de vida das populações tradicionais locais. Essa operação provoca diversas modificações territoriais, pois a mineração demanda intensa ocupação espacial em grandes áreas, uso de recursos naturais e ainda uma reorganização socioespacial, alterando não só o estilo de vida da região, mas também o desenho da paisagem local.

Foi diante desse cenário de intensa ocupação territorial por grandes mineradoras, na data de 5 de novembro de 2015, uma das barragens que armazenava rejeito de minério de ferro, Barragem de Fundão, colapsou. Situada em Bento Rodrigues, distrito de Santa Rita Durão e subdistrito do município de Mariana, o episódio provocou o deslocamento do rejeito através dos rios Gualaxo do Norte, Carmo e Doce por 663 km até o litoral. Esse desastre afetou 39 municípios, sendo 36 no próprio estado e três municípios no Espírito Santo (Lacaz *et al.*, 2017; Minas Gerais, 2016a).

Apesar deste artigo abarcar os distritos mais imediatamente atingidos, devido ao foco nos danos ao patrimônio construído, é importante esclarecer que os impactos foram observados em toda a extensão da bacia do Rio Doce e nas proximidades, alcançando o litoral do Espírito Santo, e não devem ser considerados como danos mais amenos. Segundo Rocha Neto (2020), esses impactos foram difusos e semelhantes, por se tratar de um extenso curso d'água, e tornaram diversas regiões fragilizadas pelo desastre, principalmente aquelas economicamente mais dependentes do rio, como por exemplo as localidades de Regência e Povoação, no estado do Espírito Santo.

2 A REGIÃO ATINGIDA PELO ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE FUNDÃO

Os danos causados às regiões afetadas pelo rompimento da barragem de Fundão são complexos e difíceis mensurar (Polignano *et al.*, 2019; Rocha Neto, 2020). No entanto, devido à presença enraizada de atividades mineradoras e uma desterritorialização contínua pré-desastre, é possível reconhecer os impactos consequentes a essa atividade muito antes do evento de 2015 (Rocha Neto, 2020).

Os distritos mais atingidos pelo rompimento da Barragem de Fundão possuíam cerca de 300 anos de história. Nesse espectro temporal, a presença da Samarco é efêmera, mas sua mineração predatória conseguiu dar fim à história local de mineração. Sucessivas gerações que ali viveram constituíram a identidade desses lugares que vieram da agricultura familiar e da mineração manual durante séculos. As primeiras capelas de Bento Rodrigues e Paracatu foram construídas por volta de 1718 e 1730, respectivamente. Foram reconhecidas por seu valor histórico e cultural muito antes do desastre (Arcuri *et al.*, 2015, p.216).

A macrorregião em que se localizava a barragem de Fundão já passava por uma fase de substituição gradual de seu traçado histórico devido as modificações causadas pelas atividades mineradoras, em um processo contínuo de desterritorialização (Rocha Neto, 2020). Após o desastre, esse processo estendeu-se a todas às comunidades e povoados localizados às margens do Rio Doce.

Dessa forma, a população localizada nas proximidades do córrego Santarém e do rio Gualaxo do Norte, que são afluentes do rio Doce, sofreu grande impacto em seu ambiente de vivência e no entorno (Polignano *et al.*, 2019), sendo que Bento Rodrigues, Paracatu de Baixo e Gesteira tiveram seus povoados totalmente, ou quase totalmente, destruídos. De maneira geral, os municípios de Mariana e Barra Longa sofreram, além de diversos outros impactos, danos ao patrimônio arquitetônico local (Institutos Lactec, 2020). As construções que fazem parte do inventário histórico de Minas Gerais, e juntamente aos danos físicos e humanos causados pelo rompimento da barragem, também foram intensamente impactadas.

Os bens materiais imóveis danificados estão localizados em áreas mais próximas ao caminho feito pelo rejeito após o colapso ou, ainda, próximo às rotas feitas durante ações relativas às medidas de reparação promovidas após os desastres (figura 1).

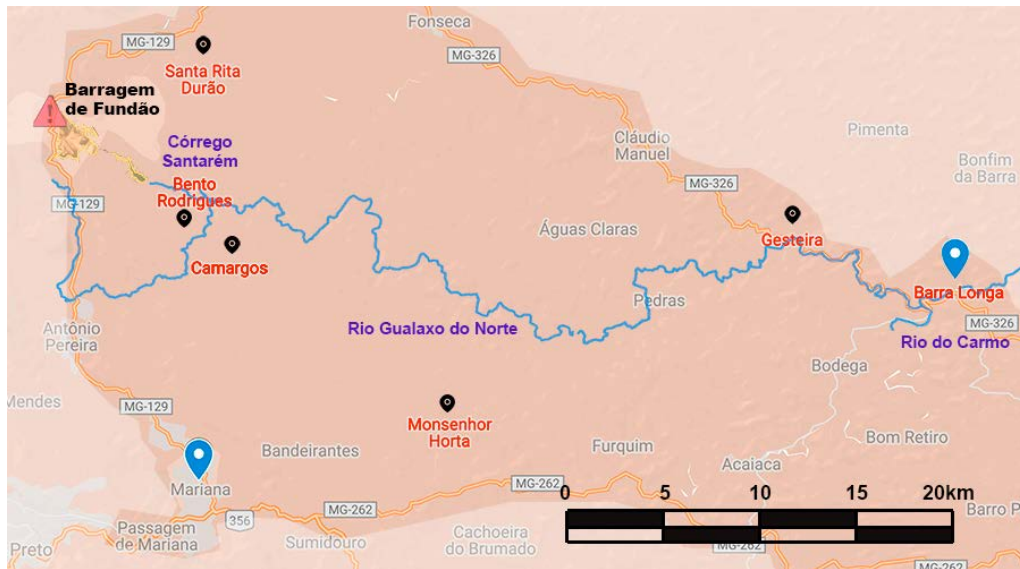


Figura 1. Mapa de localização das cidades com o patrimônio construído com terra que foi afetado pelo rompimento da barragem

Dentre dos municípios afetados, a cidade de Mariana, fundada em 1696, foi pioneira em Minas Gerais com o intuito de servir de abrigo para a ocupação nas proximidades do Ribeirão do Carmo, utilizado para a exploração de ouro. A vila tornou-se cidade em 1745, quando deixou seu antigo nome, Vila do Ribeirão do Carmo, e assumiu o então nome, Mariana (IPHAN, 2017).

Tendo o ouro como fator fundamental de alavancamento, seu desenvolvimento acabou gerando novos tipos de riqueza para a cidade, como um complexo acervo arquitetônico, artístico e paisagístico, além de ter se tornado sede do primeiro Bispado da cidade e, com isso, um planejamento urbano, feito especialmente pelo arquiteto português José Fernandes Pinto Alpoim. Diante disso, em 1938, recebeu o tombamento da União por seu Conjunto Arquitetônico e Urbanístico e se tornou, em 1945, Monumento Nacional. O tombamento de 1938 não especificou as áreas tombadas e toda a cidade de Mariana foi considerada como patrimônio (IPHAN, 2007, p. 84).

Ao longo do tempo, o centro urbano de Mariana teve suas paisagens muito transformadas e, eventualmente descaracterizadas, devido a questões econômicas, naturais e diretrizes urbanísticas, mas principalmente pela exploração mineral. Após o declínio da exploração do ouro, a sede urbana da cidade ainda conseguiu preservar seu centro histórico (Silva, 2005).

Já o município de Barra Longa, localizada no interior do estado de Minas Gerais, nasceu de uma fazenda instalada na região, a Fazenda dos Fidalgos, construída em 1711 pelo Coronel Matias da Silva Barbosa, que chegava ao território a pedido do governador, com o objetivo de combater os indígenas Botocudos e Acaiacas, obtendo como recompensa grandes extensões de terra (Minas Gerais, 2016b).

Dessa maneira, formou-se um arraial de nome Barra de Matias Barbosa ao redor da Fazenda dos Fidalgos e dos rios Carmo e Gualaxo do Norte. Nessa época, o Coronel solicitou a construção da Capela de Nossa Senhora do Rosário, que foi ponto de partida para o desenvolvimento do arraial em seu entorno (Minas Gerais, 2016b).

A fazenda do Coronel Matias Barbosa, inserida em vasto terreno, com estrutura bastante arrojada, teve parte do seu terreno doada à paróquia da região, com a morte da viúva do Coronel, em 1744. Em 1748, através da Irmandade do Santíssimo Sacramento, foi construída a nova Matriz de São José. No século XVIII o arraial foi reconhecido como distrito de Barra Longa (Minas Gerais, 2016b).

O foco na extração de minério fez com que a população tivesse pouco interesse pelo cultivo de terras no início da formação de Barra Longa, que possuía como principais atividades econômicas a exploração do ouro de aluvião, proveniente dos rios. Sucessivamente, com a decadência do ouro, a agricultura passou a ser desenvolvida (IEPHA, 2016).

A urbanização da cidade se deu, ainda, no período colonial e, atualmente, existem edificações que preservam tais características, como a Igreja Matriz de São José e a Capela de Nossa Senhora do Rosário (Minas Gerais, 2016b).

3 OBJETIVOS

O presente texto tem como objetivo:

1. Discutir a presença de edificações construídas com terra nos municípios de Mariana e Barra Longa e o impacto do rompimento da barragem de Fundão sobre sua permanência em tais territórios;
2. Analisar ações e contrapartidas dos órgãos responsáveis pela reparação do rompimento da barragem frente aos bens imóveis afetados, que foram construídos com terra;
3. Discutir a presença da arquitetura de terra no acervo arquitetônico de Minas Gerais e a importância desses registros para a técnica de construção com terra na região.

4 MÉTODOS

Para atingir os objetivos, foi realizada uma pesquisa do tipo bibliográfica e documental, com informações históricas e atuais sobre a arquitetura e construção com terra, o patrimônio construído e as modificações ocorridas, principalmente nos municípios de Mariana e Barra Longa, antes e após o rompimento da Barragem de Fundão. Foi realizado um amplo levantamento sobre os bens tombados, inventariados ou registrados, na esfera municipal, estadual e federal, que incluíam o uso da terra em sua construção original nos dois municípios.

Em associação com a revisão da literatura e a coleta de dados sobre as regiões e seu patrimônio construído, foram feitas visitas à cidade de Mariana e seu distrito Paracatu de Baixo e à cidade de Barra Longa, de forma a observar os tipos arquitetônicos locais, as revitalizações ou reconstruções que eventualmente estariam sendo realizadas e, no caso de Paracatu de Baixo e Barra Longa, para registrar os possíveis impactos do rompimento da barragem cinco anos após o ocorrido.

Ainda foram realizadas visitas à Escola de Ofícios de Mariana, com o intuito de conhecer a instituição e acompanhar as aulas de técnicas construtivas tradicionais. Durante a visita, foram realizados levantamentos fotográficos e coletadas informações sobre o projeto, sua finalidade, a atuação dos alunos egressos.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Construções com terra nos municípios de Mariana e Barra Longa

Em relação à análise das construções com terra no território impactado pelo desastre, não foi possível encontrar um levantamento oficial exato de todas as técnicas de construção com terra existentes. Há uma amostragem nacional relativa a construções com pau a pique em residências, que está incluída entre um dos tipos de material das paredes externas levantadas durante o censo brasileiro. Por meio da figura 2, verifica-se maior presença do pau a pique (denominado como taipa, pelo Instituto) nas regiões ao norte do Estado de Minas Gerais. No município de Mariana, 0,47% dos domicílios particulares analisados (por amostragem) ainda usavam o pau a pique em seus domicílios, em números totais seriam 62 domicílios de 15.894. Em Barra Longa, essa porcentagem é de 0,18% (3 domicílios dos 1.943 analisados) (IBGE, 2010).

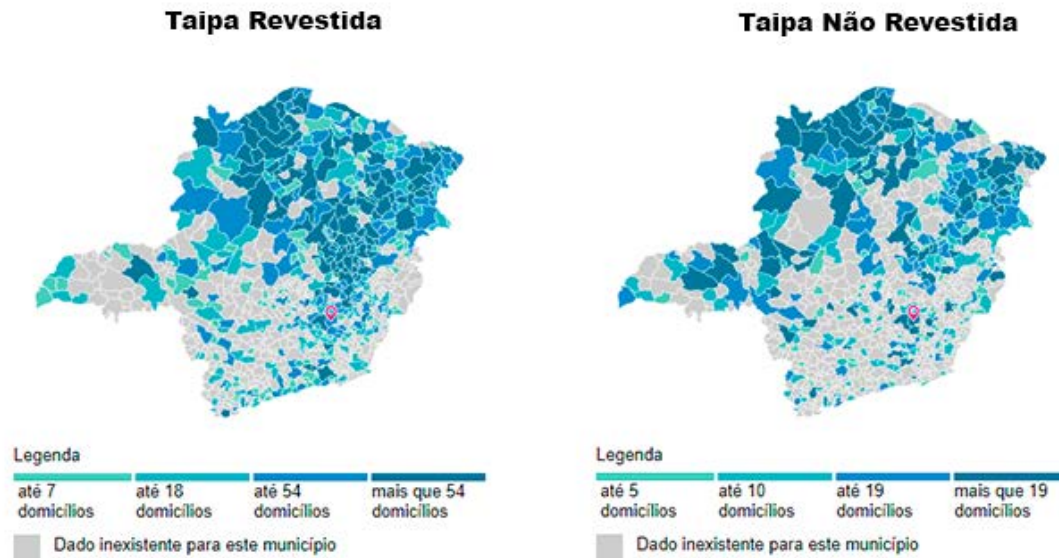


Figura 2. Quantidade de edificações que apresentam paredes (revestidas e não revestidas) de pau a pique- amostragem do censo de 2010 (adaptado de IBGE 2010)

No entanto, esses dados são pouco significativos, pois os valores apresentados estão baseados em uma amostragem pequena. Além disso, o levantamento não inclui outras técnicas de construção com terra, como o adobe e a taipa de pilão. Entretanto, conforme a literatura analisada, o adobe tradicionalmente está muito presente nas residências das regiões de Mariana (Tofani e Moraes, 2003, Caldeira e Lara, 2006, Moroni Filho, 2016, ICOMOS, 2019), e até mais presente que o pau a pique no caso da área urbana dessa cidade (Silva, 2005).

Sendo assim, o fato de haver sido catalogado uma ínfima porcentagem das habitações com pau a pique em Minas Gerais, de acordo com o Censo do IBGE de 2010, não quer dizer que as edificações construídas com terra tenham desaparecido da região.

Foi possível encontrar um volume maior de informações sobre as edificações construídas com terra relativo ao núcleo urbano de Mariana, ainda que se trate essencialmente de prédios de relevância histórica e, portanto, com exclusão da arquitetura popular de construção mais recente.

Dentro do material coletado, foi descoberto um levantamento (Tofani e Moraes, 2003) que analisa o nível de conservação de imóveis residenciais e não residenciais dos séculos XVIII e XIX no centro urbano, sendo eles destacados pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN). Porém o grupo não conseguiu acesso ao levantamento em si, somente artigos e entrevistas que os citam (Silva, 2005; Tofani e Moraes, 2003). A partir do levantamento, Silva (2005) observou que há relevante permanência das técnicas construtivas do período colonial no território ainda que as paredes de pau a pique tenham sido substituídas com certa frequência, seja por alvenaria de tijolos cerâmicos ou adobe. Essa última tipologia é a que se apresenta mais conservada nas residências.

Porém 32% dos imóveis apresentavam problemas estruturais (Tofani; Moraes, 2003). Notou-se que a preservação, a manutenção e a restauração dos imóveis e de seus elementos construídos com terra privilegiam aqueles localizados nas áreas turísticas do centro urbano. A situação de conservação dos imóveis fora desse circuito turístico foi diagnosticada como ruim, assim como apresentam maior substituição das técnicas tradicionais construtivas. Esse fato está relacionado tanto à expansão desenfreada da região pelo interesse mineral, através dos altos índices de urbanização e adensamento e grandes instalações do setor terciário, quanto a falta de proteção do poder público para com esses bens, que estão inseridos em um contexto histórico e cultural e sofrem abalos estruturais constantes,

vandalismos, incêndios, desproteção de suas visadas e fachadas e diversos outros descasos (Silva, 2005).

Provavelmente devido ao adensamento pelo setor terciário e falta de conscientização do valor arquitetônico das construções com terra no território, com o passar do tempo, tornou-se realidade, nas antigas cidades mineiras, o abandono de construções residenciais “setecentistas e oitocentistas, bem como a gradual e constante descaracterização de exemplares de edificações coloniais populares habitadas, cujas paredes de adobe e pau-a-pique são substituídas por alvenaria de tijolos pelos moradores.” (Moroni Filho, 2016).

No que concerne aos patrimônios tombados pelo IPHAN, a análise demonstrou que dos 20 imóveis presentes no acervo arquitetônico do conjunto urbano de Mariana, pelo menos 14 edificações apresentam a terra como matéria-prima, sendo as técnicas mais presentes o adobe e taipa de pilão, ambas presentes em sete edificações e uma menor manifestação do pau a pique, que foi evidenciado em quatro bens tombados na cidade. Além disso, há uma recorrência do uso de mais de uma técnica construtiva com terra na mesma edificação (no mínimo três bens do conjunto urbano de Mariana), como é o caso da Igreja de Nossa Senhora do Rosário, no distrito de Santa Rita Durão, que possui vedação em adobe, pau a pique e taipa de pilão (Caldeira; Lara, 2006). O uso misto das técnicas demonstrou-se comum entre os imóveis residenciais ou não residenciais da região (Silva, 2005; Moroni Filho, 2016).

5.2. O patrimônio edificado com terra impactado pelo rompimento da Barragem de Fundão nos municípios de Mariana e Barra Longa

Devido à responsabilidade do MPF de inventariar os bens materiais que sofreram danos no desastre de 2015, que fazem parte do patrimônio cultural das regiões, foi possível analisar com mais clareza a presença das técnicas de construção tradicional no território. Bento Rodrigues, por exemplo, foi o local imediatamente atingido após o colapso da Barragem de Fundão, no qual 207 de 251 edificações foram destruídas ou parcialmente destruídas. Uma das capelas, inventariadas em 2004, a igreja de São Bento, ficou em ruínas (ICOMOS, 2019).

Apesar dos critérios diante da definição do que é ou não patrimônio cultural serem difusos, a metodologia adotada contou com definições do IPHAN e da Constituição Federal do Brasil. Sendo assim, dos mais de 540 imóveis que sofreram danos (Minas Gerais, 2016a), foram considerados bens culturais edificados danificados pelo rompimento da Barragem de Fundão apenas 92 construções (Institutos Lactec, 2020).

A partir de análise realizada, das 92 construções elencadas pelos Institutos Lactec, 49 bens têm ou tiveram a presença da terra como matéria-prima em sua edificação original, seja em taipa de pilão, adobe ou pau a pique (Tabela 1 e Figura 3). Dentro desse número incluiu-se as localidades de Barra Longa (sede), Gesteira (distrito de Barra Longa) e Santa Rita Durão, Monsenhor Horta, Camargos e Bento Rodrigues (distritos de Mariana).

A porcentagem de construções com terra nos bens culturais edificados danificados é mais relevante ainda se excluída a área urbana de Barra Longa, que teve um processo de ocupação um pouco distinta das demais localidades e, por isso, teve em seus tipos arquitetônicos culturais uma grande influência do Art Deco, que teve a adoção do tijolo cerâmico. Dessa forma, dos 39 bens culturais edificados danificados no núcleo urbano de Barra Longa, oito construções foram feitas a base de terra (21%), ao passo que no Conjunto Fazendas, Bento Rodrigues e Santa Rita Durão 80% desses bens danificados fizeram uso da terra (Institutos Lactec, 2020) (tabela 1).

Ainda é necessário ressaltar que esse número é relativo às construções selecionadas pelo diagnóstico do Instituto Lactec e, portanto, identificadas como bens culturais por tal. Dentro das pesquisas documentais, foi possível cogitar a existência de volume maior de construções com terra não mencionadas pela instituição, principalmente considerando que foram catalogados apenas 10 imóveis em Bento Rodrigues, sendo que todas as 251

edificações sofreram danos e há relatos de que o povoado possuía tipos arquitetônicos tradicionais.

Tabela 1. Relação entre os bens culturais danificados pelo rompimento da barragem de acordo com o MPF e a técnica de construção com terra, por localização

Localização	Bens danificados total	Bens danificados de terra	% BDF/BDT
Barra Longa (sede)	39	8	21%
Conjunto Fazendas	4	4	100%
Bento Rodrigues	10	9	90%
Santa Rita Durão	20	16	80%
Monsenhor Horta, Camargos	8	6	75%
Total	92	49	53%

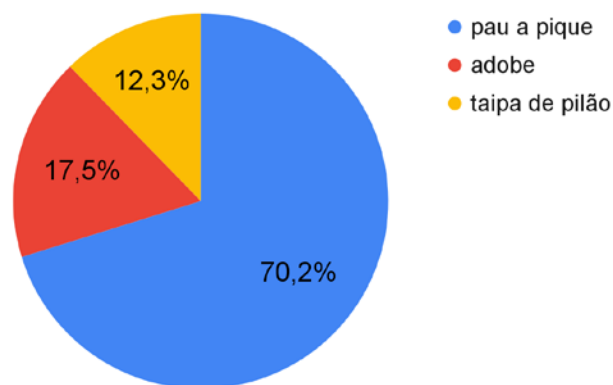


Figura 3. Técnicas presentes nos bens culturais imóveis de terra impactados pelo rompimento da Barragem de Fundão e levantados pelo MPF.

Ainda no universo inventariado pelo Instituto Lactec (2020), destacam-se, dentre diversos bens patrimoniados, a Igreja Matriz de São José, em Barra Longa, já mencionada, e a Capela São Bento, que estava sendo estudada por Moroni Filho (2018), de modo a entender a situação das vedações de pau a pique da igreja, que se suspeitava estarem sob alvenaria de pedra junto a uma estrutura independente de madeira. A capela foi totalmente destruída, tornando-se impossível a conclusão do autor (Moroni Filho, 2018).

5.3 Danos sofridos ao patrimônio edificado com terra em consequência ao rompimento da Barragem de Fundão nos municípios de Mariana e Barra Longa

De forma a enquadrar os bens culturais imóveis danificados, separou-se os danos em três tipos, sendo eles: tipo 1 – o bem sofreu danos principalmente nas estruturas de sua fachada. Toda a sua área de entorno sofreu também danos e as rotas onde era acessado foram alteradas ou danificadas; tipo 2 - o bem sofreu danos por toda a sua estrutura, bem como toda a sua área de entorno foi destruída e as rotas onde era acessado foram alteradas ou danificadas; tipo 3 - O comprometimento do terreno do bem se deu especialmente na área margeada pelo rio, estendendo-se, porém, por área vasta da propriedade, que também sofreu danos por ações emergenciais, ampliando os locais dos danos (Tabela 2). É importante ressaltar o número de bens sequer inventariados ou tombados (20%). Além disso, todos os bens do tipo 2 receberam tombamento provisório em 2016 (após o ocorrido de 2015), pelo o Conselho Municipal de Patrimônio Cultural de Mariana (COMPAT) e dois deles (as duas capelas localizadas em Bento Rodrigues) receberam tombamento estadual em 2018.

Tabela 2. Relação entre os bens culturais edificados com terra elencados pelo MPF por grau do dano sofrido e nível de tombamento

Grau do dano sofrido	Bens culturais com terra	Sem inventário ou tombamento	Inventariado	Tombamento			
				municipal	estadual	federal	provisório 2016
tipo 1	35	9	10	22	14	3	0
tipo 2	10	0	10	1	2	0	10
tipo 3	4	1	2	1	0	0	0
total	49	10	22	24	16	3	10

Os dados apresentados e as observações de campo sugerem, de forma bastante inequívoca, que o rompimento da Barragem de Fundão causou a perda de vasto patrimônio construído com terra. Ainda que a arquitetura religiosa tenha tido um maior simbolismo dentro da cultura mineira, e por isso existam mais inventários e patrimônios tombados relativos ao tema, as construções com terra populares e residenciais, para qual não é dado tanto valor, não possuía acervo e catalogação e pouco há de documentações e registros. Moroni Filho (2016) também menciona a dificuldade de se encontrar investigações e levantamentos a respeito dos bens culturais populares edificados do período colonial nas cidades mineiras e ainda salienta a importância de mais registros formais sobre o assunto, para o reconhecimento, a preservação e valorização da arquitetura popular brasileira como patrimônio.

Entende-se como arquitetura popular brasileira, segundo Weimer (2012), uma arquitetura simples, adaptável, criativa e tradicional. O uso do termo “simples” nesse contexto, está associado a adoção de materiais fornecidos pelo meio ambiente para construir, como a terra, a pedra e a madeira. É adaptável, pois foi empregada em todos os contextos do país e pelos mais diversos imigrantes, provenientes desde regiões mais frias (portugueses) como desérticas (africanos). E também pode ser considerada criativa, em termos de imaginação formal e no emprego de materiais de construção. A tradicionalidade da arquitetura popular tem a ver com o respeito e ao pertencimento a cultura local. Não por isso, a arquitetura popular deve ser menos valorizada, pois é ela a que representa a maior parcela das edificações construídas do país (Weimer, 2012).

5.4 Medidas reparatórias e ações pós desastre relativas as edificações danificadas

Pode-se entender que as medidas instauradas para a reparação dos impactos causados pelo desastre são questionáveis quanto à eficácia e o real alcance direto às populações afetadas. Tanto o Estado quanto às instituições responsáveis se mostraram, na maioria das vezes, ineficientes, principalmente no que diz respeito às medidas destinadas às comunidades e aos povoados menores (Rocha Neto, 2020).

Muitas das dificuldades de resolução estão associadas à implementação dos planos de restauração, reconstrução e reparação ambiental, que foram separados em dois eixos: socioeconômico e socioambiental (Zorzal e Silva *et al.*, 2019; Vitória *et al.*, 2019; Rocha Neto, 2020). Os planos mencionados estão presentes no acordo nomeado Termo de Transação e de Ajustamento de Conduta (TTAC), escrito em 2016 através dos estados de Minas Gerais e Espírito Santo junto às empresas de mineração envolvidas (Zorzal e Silva *et al.*, 2019; Vitória *et al.*, 2019).

Alguns dos maiores desafios da Fundação Renova, criada para reparar os danos às populações e ao meio ambiente, estão relacionados à construção de um novo espaço àqueles que foram desterritorializados e aos danos vinculados ao patrimônio cultural, considerados imensuráveis. Como aconteceu com a Capela de São Bento, que foi reduzida ao seu assoalho.

Muitos dos antigos componentes históricos e paisagísticos do patrimônio cultural das áreas atingidas pelo rompimento da Barragem de Fundão tornaram-se, em um só golpe, “bens arqueológicos”, ao serem soterrados pela lama (Arcuri *et al.*, 2015, p.214).

Algumas das regiões mencionadas foram tão impactadas com a destruição causada pelo rompimento da barragem que foi necessário a elaboração de planos de reassentamentos de toda ou parte da população, como é o caso de Bento Rodrigues, Paracatu de Baixo (figura 5) e Gesteira. Cabe destacar que após o rompimento da barragem a Samarco cercou a região imediatamente destruída, e até a data deste artigo é proibido o acesso sem a autorização das instituições envolvidas. O grupo não foi autorizado pela Fundação Renova a acessar o local onde vivia a comunidade de Bento Rodrigues.



Figura 5. Remanescentes de construções convencionais em Paracatu de Baixo, nas quais se observa a altura que a lama de rejeitos atingiu as edificações.

Diante da necessidade de um novo território para Bento Rodrigues, foi escolhido, através de participação popular, um espaço para a criação do povoado Novo Bento. Algumas das condições, solicitadas pela população desalojada, para a organização desse local, foram a permanência das vizinhanças e o máximo respeito possível ao traçado urbano original de Bento Rodrigues (Teixeira *et al.*, 2020).

O processo de reconstrução de vilas que foram destruídas ficou a cargo da Fundação Renova e está em andamento, porém muito pouco foi feito mesmo passados quase seis anos do desastre. A recuperação das comunidades e da infraestrutura, que foi impactada em maior ou menor grau, em Mariana e Barra Longa, já foi iniciada, mas segue com cronograma em atraso (Vitória, *et al.*; 2019). Até julho de 2021, de 247 residências previstas em Novo Bento, apenas dez haviam sido construídas. Nenhuma das 94 residências previstas para Paracatu de Baixo e das 11 para reassentamentos de Gesteira foram terminadas (Renova, 2021).

Um acordo realizado pela Fundação Renova, previsto no TTAC, executou a restauração integral da igreja de Nossa Senhora da Conceição, uma das mais antigas de Minas Gerais, erguida no distrito de Camargos, Mariana, por volta de 1707 e construída de adobe. O acordo teve o aval do IPHAN e da Prefeitura de Mariana, sendo a restauração completa, abrangendo todos os elementos artísticos e arquitetônicos do monumento nacional (Renova, 2019).

Outra medida de reparação da Fundação Renova foi a elaboração e a divulgação de editais de pesquisa e desenvolvimento tecnológico sobre a produção de arquitetura e construção com terra com o uso do rejeito que foi sedimentado (ao longo da calha dos rios e centros urbanos) após o desastre. Essa ação teve como objetivo buscar formas de aproveitar o rejeito depositado, meta que se procura atender por meio de parcerias com instituições de pesquisa e ensino. Apesar das pesquisas estarem em desenvolvimento, não se sabe ao certo se o estudo será aplicado para a reconstrução de residências ou espaços públicos danificados pelo desastre.

Existem ainda iniciativas de manutenção da memória construtiva, principalmente pelo contexto do desastre ter ocorrido em Mariana, região de referência da arquitetura colonial

religiosa mineira. O projeto foi desenvolvido a partir de uma iniciativa da sociedade civil abarcada pelo Instituto Pedra junto a esforços do poder público e incentivos privados, como o banco BNDES e o Instituto Cultural Vale, que iniciaram o projeto da Escola de Ofícios Tradicionais de Mariana.

A instituição oferece cursos em cinco temáticas: alvenaria (de terra), cantaria, carpintaria, forjaria e pintura, com objetivo principal de ensinar as técnicas construtivas tradicionais e dos conceitos básicos de restauração e conservação dos elementos arquitetônicos aos moradores da região, visando a capacitação de profissionais nas áreas de restauração e conservação, em prol da preservação dos bens culturais materiais e imateriais (figura 6).



Figura 6. Canteiro de experimentação da Escola de Ofícios Tradicionais em Mariana (MG)

Apesar dos temas voltados à construção civil, a Escola atrai, além de trabalhadores dessa área, muitas mulheres (que são chefes de família ou casadas), estudantes universitários e pessoas já aposentadas, entre outros. Muitos procuram a escola com o intuito de mudar de carreira, tornar-se autônomo ou mesmo para realizar capacitação em sua área de atuação, haja vista a oferta de serviços de construção e restauros. Qualquer adulto pode se inscrever, mas existe uma prioridade aos moradores da região de Mariana.

Segundo os gestores da Escola, a Fundação Renova buscou a instituição para captar mão de obra necessária para três obras: a reconstrução de igrejas destruídas - pelo rompimento da barragem de Fundão - nos distritos de Bento Rodrigues, Paracatu de Baixo e Gesteira. Contudo, essa não é a única participação de alunos/ex-alunos da Escola de Ofícios em obras ligadas ao patrimônio. Eles também foram solicitados para obras de restauração de imóveis em Mariana, como a Igreja São Francisco de Assis junto à Casa do Conde de Assumar e, atualmente, na obra de restauração da Casa e Cadeia, na qual estão participando quatro envolvidos com a escola.

Portanto, além do papel multiplicador das técnicas tradicionais e do trabalho de conscientização do patrimônio cultural, a Escola de Ofícios também aproxima os conhecedores das técnicas do mercado de trabalho. Os cursos complementares de gestão de negócios e empreendedorismo corroboram com esse processo.

Por fim, cabe colocar aqui a proposta de implementação de um Museu de Território em Bento Rodrigues, através do Dossiê de Tombamento de Bento Rodrigues (ICOMOS, 2019), que tem por objetivo preservar a memória dos símbolos e materiais presentes no povoado. Além de influenciar reflexões acerca do que aconteceu em novembro de 2015 e as consequências sofridas devido a maneira como a exploração do minério tem estabelecido na região. O museu seria como um “sítio da consciência” (Cagriota *et al.*, 2018).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em relação à pesquisa documental e por meio de visitas de campo, pode-se perceber que há uma lacuna documental relativa às construções tradicionais com terra na região afetada pelo rompimento da barragem de Fundão, principalmente em relação à arquitetura popular. Esse tipo de arquitetura, feita pelo/para o povo, frequentemente informal, historicamente é pouco investigada e menos ainda qualificada como patrimônio. É possível constatar esforços no sentido de se preservar o patrimônio cultural tombado local, além de incentivos governamentais e privados para a restauração de igrejas e casarões, como é o caso da Igreja de São Francisco de Assis, pelo fato de estarem no epicentro turístico da arquitetura colonial mineira.

O uso da terra como matéria-prima para a construção civil esteve muito presente desde o início da ocupação da região. Entretanto, as técnicas tradicionais de construção com terra perderam cenário para outras técnicas ditas convencionais. O adobe, a taipa e o pau a pique, aliados a outras técnicas introduzidas na região durante o período colonial, ainda estão presentes em imóveis como igrejas, casarões e residências. Com o tempo, esses imóveis foram se deteriorando e, atualmente, existem esforços para o reconhecimento e a preservação desse patrimônio.

É de extrema relevância a realização de mais levantamentos das edificações pertencentes à arquitetura popular existentes e construídas com técnicas tradicionais, com o objetivo de conhecer as técnicas aplicadas e quais delas foram sendo substituídas, a fim de se ter um maior entendimento da real presença da construção com terra em cada região e a fim de valorizar e preservar esse tipo de construção como bem cultural edificado. “Reconhecer a historicidade da arquitetura popular colonial mineira significa enriquecer esse patrimônio” (Moroni Filho, 2016).

Ressalta-se que há limitações nos processos de reconhecimento de bens culturais e a constante ameaça à memória construtiva com terra, principalmente em comunidades menores, visto que há uma grande distinção entre a quantidade e a qualidade de informações e investigações em centros turísticos como Mariana, se comparado com os povoados e distritos. Dessa forma, a destruição de Bento Rodrigues, e dos outros povoados, também significaram a destruição de uma memória construtiva tradicional e popular com terra. Muito do que havia de arquitetura popular na região foi completa e irreparavelmente perdido.

A implementação da Escola de Ofícios, ainda que uma ação temporária e pontual, é um passo importante para a permanência das técnicas construtivas tradicionais no território e comprova haver a necessidade de mão de obra qualificada em arquitetura de terra, não somente para restaurações de arquiteturas coloniais, mas também para a aplicação das técnicas dentro do ambiente atual da construção civil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arcuri, M.; Laia, P. O.; Suñer, R. (2015). Territórios e patrimônios na lama das negociações: desafios para a museologia comunitária na Barragem de Fundão, 2016. *Arquivos*, v. 24, n. 1-2, p. 210-244
- Caldeira, A. B.; Lara, F. L. (2006). Mapeamento do acervo arquitetônico e histórico da cidade de Mariana. Belo Horizonte: FAPEMIG, PUCMG
- Castriota, L. B.; Andrade, C. N. de L. E. ; Nery, S. de O (2019) . Um museu de território para Bento Rodrigues. *Indisciplinar*, [S. l.], v. 5, n. 2, p. 344–373
- Flores, M. O (1994). Técnica de entramados. Em: Viñuales, G. M. *et al.* *Arquitecturas de tierra en iberoamerica*. Buenos Aires: Habiterra/CYTED.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010). Censo 2010. Rio de Janeiro: IBGE.
- ICOMOS (2019). Dossiê de tombamento de Bento Rodrigues. Belo Horizonte: ICOMOS/BRASIL; IEDS (Instituto de Estudos do Desenvolvimento Sustentável); PPACPS (Programa de Pós-Graduação em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável) /Universidade Federal De Minas Gerais. Castriota, L. B. (Coord.).

IEPHA – Instituto Estadual do Patrimônio Histórico e Artístico de Minas Gerais (2019). Capela de Nossa Senhora das Mercês. Disponível em: <<http://www.iepha.mg.gov.br/index.php/14-patrimonio-cultural-protetido/bens-tombados/389-capela-de-nossa-senhora-das-merc%C3%AAs-pte-162-2018>>. Acesso em: 08 abr. 2021.

Institutos Lactec (2020). Diagnóstico socioambiental dos danos decorrentes do rompimento da barragem de Fundão na Bacia do Rio Doce e região costeira adjacente: TOMO V: Patrimônio Cultural: Bens Materiais, 2020. Disponível em: <<http://www.mpf.mp.br/grandes-casos/caso-samarco/documentos/relatorios-lactec>> Acesso em: 27 jul. 2021.

IPHAN - Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (2007). Inventário nacional de bens imóveis: sítios urbanos tombados INBI-SU: manual de preenchimento. Brasília: Edições do Senado Federal, v. 82, p. 84. <http://www2.senado.leg.br/bdsf/handle/id/528946>

IPHAN – Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (2017). História: Mariana (MG). Disponível em: <<http://portal.iphan.gov.br/pagina/detalhes/1491>>. Acesso em: 08 abr. 2021.

Lacaz, F. A. de C.; Porto, M. F. de S.; Pinheiro, T. M. M. (2017). Tragédias brasileiras contemporâneas: o caso do rompimento da barragem de rejeitos de Fundão/Samarco. Revista Brasileira de Saúde Ocupacional. v. 42. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/2317-6369000016016>>. Acesso em: 17 abr. 2021.

Minas Gerais. Ministério Público do Estado de Minas Gerais (2016a). Caso Samarco: relatório de atividades da força tarefa do MPMG. CAOMA, Centro de Apoio operacional das Promotorias de Justiça da Defesa do Meio Ambiente, do Patrimônio Histórico e Cultural e da Habitação e Urbanismo.

Minas Gerais. Ministério Público do Estado de Minas Gerais (2016b). Promotoria Estadual de Defesa do Patrimônio Cultural e Turístico. Nota Técnica nº 57.

Moroni Filho, E. (2018). Notas para o estudo de capelas do Ciclo do Ouro em Minas Gerais. Revista restauro, v.2, n.4. 2018.

Moroni Filho, E. (2016). O patrimônio invisível: arquitetura popular urbana de municípios do período colonial brasileiro. GeoGraphos: Revista Digital para Estudantes de Geografia y Ciencias Sociales, v. 7, n. 87, p. 16.

Paula, J. A. (2007). A mineração de ouro em Minas Gerais no século XVIII. Em: Resende, M. E. L.; Villalta, L. C. (org.), As minas setecentistas 1. Belo Horizonte: Autêntica; Companhia do Tempo, p.279-283.

Pisani, M. A. J. (2004). Taipas: a arquitetura de terra. Revista Sinergia. v. 5, p. 9-15, 2004.

Polignano, M. V.; Silva, R. L.; Bastos, L. G (2019). Impactos e danos provocados pelo crime da samarco na bacia do rio doce e perspectivas socioambientais. Em: Pinheiro, T. M. M.; Polignano, M. V.; Goulart, E. M. A.; Procópio, J. C. Mar de lama da Samarco na bacia do Rio Doce: em busca de respostas. Belo Horizonte: Instituto Guaicuy, p. 64-86

RENOVA (Minas Gerais) (2019). Acordo garante restauração integral da igreja de nossa senhora da conceição em camargos. Disponível em: <https://www.fundacaorenova.org/release/acordo-garante-restauracao-integral-da-igreja-de-nossa-senhora-da-conceicao-em-camargos/>. Acesso em: 09 ago. 2021.

RENOVA (Minas Gerais) (2021). Reassentamento e infraestrutura. Disponível em: <https://www.fundacaorenova.org/dadosdareparacao/reassentamento-e-infraestrutura/>. Acesso em: 11 ago. 2021.

Rocha Neto, J. M. da (2020). Os “Sem Rio”: populações desterritorializadas pelo desastre ambiental de Mariana. Revista Cerrados, [S. l.], v. 18, n. 02, p. 152–182. Disponível em: <https://www.periodicos.unimontes.br/index.php/cerrados/article/view/2764>. Acesso em: 02 jun. 2021

Tofani, F.; Moraes, F. B. de (2003). História radiografada: Escola de Arquitetura finaliza inventário do patrimônio cultural de Mariana e Ouro Preto. Entrevistadora: Ludmila Rodrigues, N. 1395 - Ano 29 -. Disponível em: www.ufmg.br/boletim/bol1395/sexta.shtml

Silva, B. C.; Amorim, R.; Cavicchioli, A (2018). Atlas da arquitetura com terra na região metropolitana de São Paulo. Anais do 7º Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil. TerraBrasil/UFRJ, p. 197-205

Silva, V. R. F. (2005). Estariam Ouro Preto e Mariana preservadas? Remanescências das formas de construir e viver. Em: Encontro Nacional de Associação de Pós-graduação e Pesquisa em

Planejamento Urbano Regional – ANPUR, 11., 2005, Salvador. Anais. Salvador: ANPUR, 2005. p. 1-18

Teixeira, M. C. V.; Medeiros, M. B.; Pereira, A. B. M. (2020). A morfologia urbana como instrumento para reconstrução de Bento Rodrigues. Paisagem e Ambiente, [S. l.], v. 31, n. 45, 2020. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/paam/article/view/164913>. Acesso em: 26 jun. 2021.

Vitória, F.; Bandini, B.; Silva, E.; Almeida, J. (2019). Desastre ambiental da Barragem de Fundão, Mariana, MG - análise de impactos socioambientais. Revista Internacional de Ciências, v. 9, n. 3, p. 2-15

Weimer, G. (2012). Arquitetura popular brasileira – 2ª edição. São Paulo: Editora WMF Martis Fontes

Zorzal e Silva, M.; Cayres, D. C.; Souza, L. A. M. (2019). Desastre socioambiental e termo de transação e ajustamento de conduta (TTAC) como instrumento de política pública: o caso da Barragem de Fundão, MG. Civitas - Revista De Ciências Sociais, v. 19, n. 2, p. 464-488

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais - FAPEMIG [processo APQ05495-18].

AUTORES

Gabriela Tavares de Lanna Lage, arquiteta pela Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Possui formação transversal em Saberes Tradicionais pela UFMG. Bolsista BDCTII, Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais Currículo completo em <http://lattes.cnpq.br/3764656706327884>

Júlia Weber Nogueira, graduanda em arquitetura e urbanismo na Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Bolsista de Iniciação Científica (FAPEMIG). Currículo completo em <http://lattes.cnpq.br/9803032086293740>

Saulo Henrique Marques Saraiva, graduando em arquitetura e urbanismo na Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Currículo completo em <http://lattes.cnpq.br/9179001231808528>.

Sofia Araújo Lima Bessa, arquiteta e doutora em Engenharia Urbana. Professora da Escola de Arquitetura da UFMG e credenciada no Programa de Pós-graduação em Patrimônio Sustentável e Ambiente Construído. Coordenadora do Núcleo de Pesquisas em Materiais Sustentáveis. Currículo completo em <http://lattes.cnpq.br/1142385823563089>.



ARQUITETURA E CONSTRUÇÃO COM TERRA VERNÁCULA NO BRASIL

Marco Antônio Penido de Rezende

Universidade Federal de Minas Gerais/ Rede Ibero-americana PROTERRA/Rede TerraBrasil
marco.penido.rezende@gmail.com

Palavras-chave: construção tradicional, quadro geral arquitetura vernácula

Resumo

Este artigo busca traçar um quadro geral da arquitetura de terra, dentro do campo da arquitetura vernácula no Brasil. É o resultado de alguns anos de pesquisa e docência na área. Começa discutindo a adequação ou não do uso do termo “arquitetura vernácula”. Em seguida parte para a construção deste quadro geral a partir da análise dos diversos campos da arquitetura vernácula no país. Entre os suas principais constatações estão: o uso do termo arquitetura vernácula parece mais adequado ao país; a arquitetura vernácula de terra tem presença marcante na história da construção do país e na atmosfera das cidades históricas; a arquitetura de terra, presente nas regiões Nordeste e Centro-Oeste do país, é importante como patrimônio e como fonte de conhecimento; na região Sudeste do país, o turismo histórico tem promovido o fenômeno de transformação e valorização da arquitetura vernácula, notadamente das construções com terra, em algumas vilas.

1 INTRODUÇÃO

Este artigo trata fundamentalmente de dois temas: em primeiro lugar discute qual o termo mais adequado para se nomear a arquitetura vernácula ou popular; em segundo lugar apresenta uma visão geral sobre a importância da arquitetura vernácula de terra no campo da arquitetura vernácula em geral.

Mais do que conclusões definitivas, o que se busca é traçar um quadro geral a partir do qual se possam somar futuras contribuições.

2 ARQUITETURA VERNÁCULA OU POPULAR

A primeira questão que surge no país, fruto de um campo ainda em estabelecimento, é como nomear a arquitetura, ora tratada como vernácula, ora como popular. Uma busca no google do termo “arquitetura vernacular” indicou 473.927 termos encontrados. Já a busca por “arquitetura vernácula” apresentou 97.900 termos. Portanto há um grande número de pessoas utilizando o termo “vernacular”. O problema é que a palavra “vernacular” não existe no português formal ou culto. Isto é muito curioso porque mesmo a busca no portal da Capes só envolvendo artigos acadêmicos leva a um resultado semelhante. São 162 artigos identificados a partir da palavra chave “arquitetura vernacular” e 122 com arquitetura vernácula. Há inclusive artigos discutindo o conceito com o termo vernacular no título.

E aqui cabe a primeira reflexão. De fato, a palavra não existe no português erudito, no português formal. Mas se, ao abordar esta arquitetura está se falando de uma criação vinda do povo, da cultura e produção geradas pelas populações locais exatamente em oposição ao erudito, e a criação dos arquitetos e da sociedade formalmente constituída, não seria uma incoerência desconsiderar um nome que é dos mais usados inclusive no meio acadêmico? Ou seja, deixar de se utilizar este nome só porque ele não faz parte da linguagem formal, não seria uma atitude não vernácula?

Combatendo o uso tanto do termo “vernáculo” como “vernacular”, Weimar (2012) em primeiro lugar mostra que o termo atualmente significa “língua ou costumes próprios de um país ou região”, mas comenta que seu sentido figurado significa uma “linguagem correta” e

na sua etimologia próprio de quem é “bobo, patife”, portanto termos inadequados ou pejorativos. Defende então, este autor, o uso do termo “popular”. Já Santana (2014) defende o uso do termo “popular” pela própria tradição italiana e portuguesa no uso do termo, e, sobretudo, pela capacidade de comunicação aos principais agentes envolvidos no campo. Finalmente, a autora comenta a dificuldade de compreensão do termo “vernacular” fora do campo acadêmico.

Teixeira (2017), discutindo a conceituação do termo, opta pela adoção de “vernacular” porque considera o termo consagrado pelo uso. Embora seja indiscutível o academicismo do termo “vernacula ou vernacular”, tanto Weimer (2012) quanto Santana (2014) não levam em suas considerações qual a compreensão que se tem atualmente de “arquitetura popular” presente no país. É esta é uma questão fundamental. O primeiro requisito para a escolha de um nome é que ele nomeie de forma inequívoca o objeto que está buscando nomear. No Brasil os estudos sobre a questão da habitação de baixo custo, das questões envolvendo a moradia para toda a população foi sempre nomeado como arquitetura ou habitação popular. Quando se fala em habitação, habitar ou arquitetura popular, o primeiro entendimento é quase sempre de estudos e propostas para a construção de moradias de baixo custo e de conjuntos habitacionais. Ou seja, dentro do campo da arquitetura, o termo arquitetura popular já é utilizado, e não para designar as construções feitas pela população local, com características próprias, mas como o campo de estudos voltado para atendimento das demandas habitacionais das populações de baixa renda. Portanto, adotar este termo para um campo, que agora está se estabelecendo, significaria criar uma confusão de termos, e um duplo sentido. Adiciona-se a isto o fato de que o termo “vernáculo” em seu significado atual, como até mesmo Weimer (2012) reconhece, tem sua origem na linguística e vem designar exatamente a língua “não culta” ou a “língua ou costumes próprios de um país ou região”, ou seja, o termo vernáculo diz exatamente desta característica própria e não culta de um país ou região. É um termo, portanto, que tem um significado corrente perfeitamente adequado ao que se quer nomear como arquitetura vernacula. Não há motivo então para adotar um termo que já é utilizado na arquitetura para designar outro objeto de estudo. A escolha pelo nome arquitetura vernacula vem, portanto, contemplar uma definição mais unívoca o objeto que se quer nomear.

Resta agora a questão do uso do termo vernacula ou vernacular. Embora os dois termos sejam cabíveis, o autor tem adotado o termo vernacula, no sentido de causar menos polêmica. Mas defende que os dois termos devem ser aceitos, pois como foi levantado anteriormente, como os estudiosos e defensores da arquitetura vernacula podem argumentar que um termo não deve ser utilizado somente porque não faz parte da língua culta? Que o futuro diga qual o mais adequado, exatamente através de uma construção vernacula do termo

3. O CAMPO DA ARQUITETURA VERNÁCULA DE TERRA NO BRASIL

Ainda se carece, no país, estudos generalizados sobre a arquitetura vernacula e, em particular, as feitas utilizando a terra como material de construção.

Há que se mencionar as seções referentes ao Brasil da *Encyclopedia of Vernacular Architecture of World*, editada por Oliver (1997). Esta obra reuniu autores brasileiros na busca de um retrato sobre a arquitetura vernacula do país. Entretanto, além dos limites de espaço em uma obra desta proporção, cada contribuição foi inserida de maneira autônoma em relação às demais, tornando difícil qualquer tentativa de síntese.

Já Weimer (2012) apresenta dez tipos de moradias brasileiras, que, muito resumidamente, discrimina-se a seguir, tendo como foco não as suas características gerais, mas somente a listagem das técnicas construtivas utilizadas:

1) a “toca” correspondente à habitação em grutas e cavernas, encontrada principalmente no Estado do Piauí;

- 2) a da caatinga¹ correspondente à moradia com estrutura em madeira, vedação e revestimento com terra, com cobertura com palha ou telhas cerâmicas tipo capa canal;
- 3) a dos areais que correspondem à casa de pescadores, executada com madeira e cobertura de palha à beira do litoral;
- 4) a dos coqueirais² que utiliza, em geral, técnicas com terra, semelhantes às anteriores;
- 5) a dos mangues;
- 6) a dos pântanos;
- 7) a flutuantes;
- 8) a da floresta³;
- 9) a dos campos, que corresponde a diversos tipos de habitação nas diferentes áreas rurais do país;
- 10) e, a das favelas urbanas.

O Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN/Monumenta) desenvolveu, em 2010, levantamentos sobre técnicas construtivas vernáculas, presentes nos estados de Minas Gerais, Santa Catarina e Pernambuco, nos quais se identificaram mestres artífices em cada região (Cagriota, 2012; Pimenta, 2012; Zerbetto; Torres, 2012). Nos estados de Minas Gerais e Pernambuco constatou-se a presença de construções com alvenaria de adobe e taipa de mão. No Estado de Santa Catarina, foi identificada a construção com enxaimel, técnica constituída por um engradado de madeira que sustenta o barro, provavelmente influência da cultura alemã presente na região.

Semelhante aos levantamentos sobre técnicas construtivas vernáculas realizados em Minas Gerais, Pernambuco e Santa Catarina, o IPHAN e a UFBA registraram técnicas vernáculas de adobe e taipa de mão na Chapada Diamantina, no Estado da Bahia (Lins *et al.*, 2017).

Rezende *et al.* (2013) dão uma visão geral sobre as técnicas construtivas vernáculas no país e apresentam resultados de quatro pesquisas realizadas, sendo que, três destas, correspondem à utilização da terra como material de construção, destacando-se principalmente, a presença do adobe e da taipa de mão⁴ em várias regiões do país.

Rezende e Lopes (2016) apresentam uma visão panorâmica do patrimônio vernáculo em terra no Brasil, lembrando a polêmica questão do uso ou não da arquitetura de terra pelas populações indígenas antes da colonização portuguesa. Destacam também a presença da taipa de mão e do adobe no Nordeste e Centro Oeste do país. Finalmente comentam sobre o fenômeno do uso do adobe na região Sudeste, a mais industrializada do país.

Mesmo assim, em que pese as pesquisas e publicações recentes, ainda não se dispõem trabalhos amplos que permitam construir um quadro geral da arquitetura vernácula de terra no país.

Entretanto, o Brasil apresenta grande potencial para o estudo da arquitetura e técnicas vernáculas feitas com terra em pelo menos seis campos diferentes.

Arquitetura vernácula histórica

Do ponto de vista formal, a arquitetura vernácula histórica de terra é a grande responsável, pela ambiência, pelo *genius locci* das cidades históricas, por isso sua importância

¹ Bioma característico do interior da região Nordeste brasileiro

² Região também costeira, mas um pouco mais adentro do litoral

³ As moradias, classificadas por Weimer (2012) como dos mangues, pântanos, flutuantes e floresta, caracterizam pelo uso da madeira e folhas como revestimento e cobertura, e como todas de arquitetura vernácula, apresentam forte adaptação ao meio

⁴ No Brasil, os termos 'taipa de mão', 'taipa de sapapo' e 'pau a pique' correspondem à mesma técnica construtiva. Esta consiste numa técnica mista, constituída por uma estrutura de madeira e entramado de vara, madeira ou cipó, e enchimento de barro.

indiscutível também enquanto patrimônio. São inúmeras as casas em adobe ou pau a pique. Sem contar as tradições construções em taipa de pilão típicas das fazendas ou moradas paulistas. Basta imaginar qualquer uma das cidades históricas brasileiras sem as suas casas e edificações não monumentais, para se ter uma dimensão desta importância.

E na conservação destas edificações ganha destaque outro importante aspecto, o “saber-fazer” vernáculo. Para a conservação destas moradias ou comércios, geralmente de propriedade de particulares, não é em geral possível contratar grandes empresas de restauração. A demanda é por vezes de se refazer parte do reboco de uma parede, ou mesmo uma parede ou de pequena reforma interna. Nestes casos é fundamental que o domínio da técnica construtiva esteja disponível entre os pedreiros e construtores locais, ou em regiões próximas. É aí que a sobrevivência da técnica construtiva vernácula ganha uma importância especial para além da própria identidade das comunidades locais. Se próximas as cidades históricas ou mesmo nas cidades históricas há quem saiba utilizar adequadamente as técnicas construtivas vernáculas históricas, um grande passo foi dado na conservação da arquitetura vernácula destas cidades. Tal é o caso, por exemplo, da localidade de Bichinho próxima à cidade de Tiradentes, onde é possível encontrar produtores e construtores em adobe.

No registro e estudo desta arquitetura vernácula, os viajantes do século XIX são talvez os precursores. Valorizada por Sylvio de Vasconcellos em seus estudos sobre “Vila Rica”, estas edificações têm valor não só pela arquitetura produzida, mas por contar muito da cultura e costumes de cada época. A arquitetura vernácula histórica de terra soma-se, assim, a todas as pesquisas envolvendo a busca dos estudos históricos sobre a vida cotidiana, a chamada corrente da “Nova História” como discutem Ticle e Rezende (2018) em um artigo sobre o tema.

3.1 Arquitetura indígena

No campo da arquitetura indígena há duas questões a serem trabalhadas: em primeiro lugar, a necessidade de realizar uma pesquisa arqueológica de alcance suficiente para que se defina a utilização pelas populações indígenas da terra antes da chegada dos portugueses; em outro sentido, e este já é realizado tanto em projetos de pesquisa como de extensão, refere-se ao uso atual da terra como material de construção pelos indígenas. Neste caso, tem-se, entre outros os exemplos, as atividades relatadas por Barbosa *et al.* (2008) e por Mattos Correia e Borges Lisboa (2020) comprovam que a terra foi incorporada por diversas etnias. Esta é sem dúvida uma importante presença da arquitetura vernácula contemporânea de terra.

Por outro lado, há situações em que determinadas atividades podem servir como resgate de tradições para a população local. Tal é o caso relatado por Pardi (1993) em relação aos *Bakairí* da aldeia Pakueram, onde a construção de uma “oca”, segundo as tradições que já se perdiam, foi fundamental como resgate da identidade da comunidade local. Comenta a autora:

Nesse caso específico, com segurança, podemos dizer que foi a arquitetura, na materialização da maloca tradicional, que serviu de estímulo para o início da concretização deste processo, latente por diversos anos. Certamente o resgate de sua arquitetura original, a maloca (o grande artefato), teve uma função primordial no processo de resgate e manutenção da memória e identidade étnica” (Pardi, 1993, p.89)

Portanto, diante da complexidade deste tema não é possível fazer generalizações. Há que se analisar cada caso com cuidado no sentido de estar atento às demandas e necessidades das populações locais e às possibilidades de intervenção e ações no sentido de preservar sua cultura e identidades.

3.2 Arquitetura vernácula tradicional

O campo da arquitetura vernácula tradicional no Brasil possui uma grande riqueza porque não se trata de conservar coisas, mas tradições. Melhor dizendo, o Brasil tem o privilégio de possuir várias culturas construtivas ainda vivas enquanto tradições de diferentes comunidades locais. E neste campo, reside o grande desafio. Não se trata de querer congelar no tempo as técnicas e habitações das diversas comunidades, mas são fundamentais as questões envolvendo o empoderamento destas comunidades e a capacidade delas de gerirem o seu próprio destino. Não é tarefa fácil, porém algumas ações fazem-se urgentes como o apoio político e técnico para comunidades que querem preservar estas maneiras de habitar. Em outro campo o esclarecimento a agentes governamentais mostrando, por exemplo, a qualidade e possibilidades desta arquitetura, se faz necessária. Há vários casos relatados onde a substituição da arquitetura vernácula por outra se fez por total desconhecimento, ou falta de interesse em considerar, que é possível construir com melhor qualidade com as técnicas vernáculas desde que sejam oferecidas as condições materiais a populações em extremo estado de carência. E a situação se torna mais grave porque nestes casos, em geral, não é só uma maneira de fazer e habitar que é perdida, mas uma forma de interagir com o próprio mundo, destruindo amplamente a constituição da própria identidade da comunidade.

Toda esta situação de preconceito advindo de informações carentes de comprovação científica levando a destruição sobretudo de casas em taipa de mão em várias partes do país foi muito bem demonstrada por Vieira (2017). Este preconceito associa as construções em taipa de mão com a disseminação da doença de Chagas. O fato científico é que o inseto barbeiro, que habita frestas nas edificações, é agente transmissor do protozoário *Trypanosoma cruzi*, causador da doença. Não é a particularidade da construção com terra ser o habitat favorável do barbeiro, mas as frestas das paredes. Portanto, uma vez que não existem frestas, independente do material de sua execução, o barbeiro não se aloja. Um programa esclarecendo as populações sobre este fato, e disponibilizando recursos e apoio técnico para reparos das paredes poderia reverter esta situação. Ressalte-se que as paredes de tijolos cerâmicos sem o revestimento também favorece a presença do barbeiro na habitação.

É impressionante a falta de informação em vários programas governamentais em todos os níveis. Com um custo muito menor do que construir novas habitações, seria possível dar instruções e fornecer material para que as habitações construídas precariamente em taipa de mão pudessem receber um reboco adequado. Desta forma se obteriam habitações apropriadas e saudáveis para a população local, preservando sua autonomia e identidade e ainda a um custo muito menor.

De qualquer a arquitetura vernácula presente em várias regiões do país mostra a potencialidade de difusão do conhecimento e a oportunidade de construção mais sana e sustentáveis. Não está se defendendo aqui que estas populações não possam mudar suas moradias se assim desejarem, mas, ao contrário, que seja dada a elas uma opção real de escolha considerando todos os aspectos, e não impondo a elas uma opção.

3.3 A tradição quilombola e a arquitetura vernácula

Um campo de pesquisa específico da arquitetura vernácula no país se dá em torno das culturas construtivas quilombolas. Ele se liga a uma dimensão histórica no sentido de buscar a contribuição da cultura africana na dimensão cultural brasileira em geral e em sua cultura construtiva em particular. Faria e Rezende (2011) analisaram alguns destes aspectos. Mais recentemente Santos e Rezende (2019) mostraram como algumas destas comunidades que quase perderam este “saber fazer”, mas, no processo de (re)valorização de sua cultura local, estão interessadas em recuperá-las. Já outras destas comunidades ainda preservam a sua forma de construir tradicionais. De qualquer forma, este é também um grande campo de pesquisas e ações da área.

3.4 Arquitetura vernácula (re)descoberta

Pesquisas feitas há alguns anos tem identificado a sobrevivência da arquitetura vernácula em algumas vilas e pequenas cidades da região Sudeste do país (Rezende *et al.*, 2018). Trata-se de um fenômeno associado ao turismo e a chegada de novos habitantes em comunidades onde se estava iniciando um processo de substituição da cultura construtiva local. Nestes casos, a valorização e a efetiva opção tecnológica pelas técnicas vernáculas levaram a revalorização das técnicas vernáculas e permitiram a sua sobrevivência. Entretanto, formalmente se faz uma arquitetura diferente da tradicional até então. Tanto do ponto de vista de distribuição dos cômodos dentro da casa, como do próprio uso dos materiais, há diferenças. Nas plantas, se comparadas com as das construções para moradias locais, há o uso mais convencional da distribuição dos ambientes com clara separação entre área de privada dos quartos, maior número de banheiros, uso do corredor, salas conjugadas e uso de varanda mais ampla. Enfim há uma reprodução do habitar das cidades convencionais em oposição ao habitar local. No aspecto formal no uso dos materiais vernáculos há uma necessidade de se explicitar este uso. Desta forma normalmente as paredes não são rebocadas deixando aparecer o adobe ou outro elemento construtivo vernáculo que se utiliza. Este aspecto é muito marcante e curiosamente, independe do material utilizado. O que no caso do adobe em geral leva a problemas de conservação. Outro aspecto digno de nota é que nem todas as paredes utilizam o material construtivo vernáculo, sendo ele reservado em geral para as paredes frontais. Sem dúvida é uma arquitetura distinta da vernácula tradicional. Mas indiscutivelmente há aqui um fenômeno diferente onde, ao contrário, do que aconteceu em outros lugares, a técnicas construtivas vernáculas não desapareceram.

3.5 Arquitetura dos aglomerados e vilas nas periferias das cidades

Uma das expressões mais fortes da arquitetura vernácula encontra-se na periferia e aglomerados das grandes cidades. Ali, adaptando o uso de materiais e técnicas, cria-se uma arquitetura genuína e distinta da convencional. Os estudiosos tradicionais do campo da arquitetura vernácula têm, por vezes, dificuldades em incorporar esta arquitetura. Entretanto reconhecidos pesquisadores, como Oliver (1997; 2003), veem neles um importante campo da arquitetura vernácula contemporânea. No Brasil, com grande parte da população aí vivendo, este é um campo de estudo muito significativo. Nas regiões Sul e Sudeste o uso da arquitetura de terra praticamente desapareceu nestes aglomerados ao longo da década de 1970, mas, nas demais regiões brasileiras, ainda é possível registrar esta presença nas periferias das cidades.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O conhecimento sistematizado da arquitetura vernácula desenvolve-se, aos poucos, no país, e entre as técnicas construtivas pesquisadas e registradas destacam-se as que utilizam a terra. As construções em terra estão presentes de forma marcante na arquitetura vernácula histórica, nas edificações de adobe, pau a pique e taipa de pilão, variando conforme a região do país, mas presente em quase todas elas.

Presentes, sobretudo, nas regiões Nordeste e Centro Oeste, as comunidades constroem com adobe e taipa de mão e isto exige uma política governamental clara e ações de toda a sociedade no sentido de dar a estas populações a opção de escolha por meio de seu empoderamento.

Na região Sudeste, pequenas vilas isoladas, sob forte influência do turismo, tem transformado sua arquitetura e modo de viver. Se por um lado a arquitetura vernácula já não é a mesma de antes, a técnica construtiva indiscutivelmente sobrevive nas mãos dos habitantes locais.

As populações indígenas contemporâneas, com a utilização da terra, são um novo exemplo de arquitetura vernácula.

Finalmente entre várias populações quilombolas se encontra ainda vida a tradição construtiva em terra.

Desta forma a arquitetura de terra está presente no país de diversas formas e características construindo um elemento muito significativo no campo da arquitetura vernácula

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARBOSA, R. V. R.; PARISI, R. S. B.; VECCHIA, F. A. S. (2008). Análise de desempenho térmico de habitação em 'novaterra na Reserva Indígena Xucuru-Kariri. In: Ecobuilding Fórum Internacional de Arquiteturas e Tecnologia para a construção sustentável. Anais.... São Paulo: ANAB Brasil.
- CASTRIOTA, L. B. (ed.) (2012). *Mestres artífices Minas Gerais*. Brasília: IPHAN.
- FARIA, J.; REZENDE, M. A. P. (2011). Casa de escravo na paisagem mineira: textos e imagens. *Revista Esboços*, v. 18, n. 26, p. 233-249.
- LINS, E. de A.; SANTANA, M. C. de; HERNANDEZ, M. H. O.; d’AFFONSÊCA, S. P. (2017). *Mestres artífices Bahia*. Brasília: IPHAN; Salvador: UFBA. (Cadernos de memória; 4). i
- MATTOS CORREA, A.; BORGES LISBOA, A (2020). Transformação e devir de uma arquitetura sertaneja. A casa de forquilha Xakriabá. *Seminário de Arquitetura Vernácula*, 2, Anais....Belo Horizonte, 2019
- OLIVER, Paul (ed.) (1997). *Encyclopedia of vernacular architecture of the world*. Cambridge, Reino Unido: University Press.
- OLIVER, Paul (2003). *Dwellings*. London: Phaidon Press.
- PARDI, M. L. F. (1993). A importância da arquitetura pré-histórica e indígena como referência dentro de um processo integrado de resgate cultural. *Revista de Arqueologia*. São Paulo, 7:87-97.
- PIMENTA, M. C. A. (ed.) (2012). *Mestres artífices Santa Catarina*. Brasília, Brasil: IPHAN
- REZENDE, M. A. P.; LOPES, W. G. R. (2016). Patrimônio vernáculo no Brasil. In: Correia, M. et al. (ed.) *Arquitectura de Tierra en América Latina*. Lisboa: Argumentum Edições.
- REZENDE, M. A. P.; VALE, J. L. R.; PEIXOTO, M. V. S. (2018). Vernacular change in Brazil Southeast Region. In: MILETO et al. (ed.). *Vernacular and Earthen Architecture: Conservation and Sustainability*. London: Taylor & Francis Group.
- SANTANA, M. (2014). *Arquitetura popular: espaços e saberes*. Disponível em <http://www.arqpop.arq.ufba.br/sites/arqpop.arq.ufba.br/files/arquitetura_popular_espacos_e_saberes_agosto_2014.pdf> acesso em setembro 2020.
- SANTOS, M. P; REZENDE, M. A. P. (2019). Interdisciplinaridade e arquitetura vernácula: experiências de trabalho de campo em comunidades quilombolas. *Seminário Arquitetura Vernácula*, 2. Anais... Belo Horizonte: UFMG.
- TEIXEIRA, R. B. (2017). Arquitetura vernacular. Em busca de uma definição. *Arquitextos*, São Paulo, ano 17, n. 201.01, Vitruvius, fev. 2017.
- TICLE, M. L. S.; REZENDE, M. A. P. (2018). Nova história e arquitetura vernácula: diálogos. *Arquitetura Revista*, v. 14, p. 115- 123.
- VIEIRA, C. N. (2017). *Habitus e habitação: A precarização ideológica da taipa de sebe no Brasil*. Tese de doutorado. Salvador: Universidade Federal da Bahia.
- WEIMER, G. (2012). *Arquitetura popular brasileira*. São Paulo, Brasil: WMF Martins Fontes.
- ZERBETTO, A.; TORRES, R. (2012). *Mestres artífices Pernambuco*. Brasília, Brasil: IPHAN.

AUTOR

Marco Antônio Penido de Rezende, Professor Titular Departamento Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo, Escola de Arquitetura, UFMG. Membro das redes PROTERRA e TerraBrasil; faz parte do conselho consultivo da Rede TerraBrasil. Arquiteto, Mestre em Arquitetura, Doutor em Construção Civil (USP, 2003), Pós-Doutor em Arquitetura Vernácula (University of Oregon, EUA, 2010). Currículo completo em <http://lattes.cnpq.br/8413549938151614>.

ARTIGOS CIENTÍFICOS
INFORMES TÉCNICOS



Tema 3

Arquitetura contemporânea

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).



AS NORMAS DA ARQUITETURA E CONSTRUÇÃO COM TERRA E SEUS AGENTES PROMOTORES

Beatriz de Moraes Vieira¹; Janine Ariane do Nascimento Ramalho²

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil,

¹vieirabeatriz@protonmail.com; ²janine.ramalho.094@ufrn.edu.br

Palavras-chave: Brasil, taipa, adobe, BTC, normas ABNT

Resumo

Em busca de modificar a realidade que os cercam e promover o uso da terra como sistema construtivo, arquitetos, engenheiros e outros profissionais unem esforços para compor a elaboração de um aparato que vem a ser um facilitador para a efetivação desse objetivo. A fim de compreender a influência desses profissionais em todo o escopo do processo de requerimento, elaboração e publicação das normas relativas à construção com terra no Brasil, foram identificados esses agentes e seguidas as investigações com questionários, entrevistas e pesquisa bibliográfica. Chegando ao final do estudo a três principais conclusões, indo algumas delas além dos objetivos propostos, pois foi apenas através do aprofundamento da pesquisa que se pôde alcançá-las. Primeiro, a compreensão do conflito entre a efetiva função da norma e o discurso majoritariamente adotado no meio. Notadamente pode-se considerar que não é a falta de normas que dificulta o uso das técnicas de construção com terra, devendo-se entender e delimitar seu papel e seu alcance no âmbito da arquitetura e construção com terra. A norma vem como um legitimador, "oficializando" o material e a técnica, facilitando o seu uso por maior gama de profissionais e situações. Porém, a norma por si só não difunde o uso, isso vem da atuação dos profissionais e dos indivíduos, seja no meio construtivo ou acadêmico. O segundo foi o esclarecimento de que o emprego adequado das técnicas construtivas vem da capacitação e formação desses profissionais, o que não está atrelado à existência da norma. Por último, como resposta à questão principal da pesquisa, aponta-se a ação dos agentes pesquisadores como mobilizadores diretos do processo e a produção por parte dos agentes produtores como legitimadora e referencial para a elaboração das normas. Portanto, pode-se dizer que a norma otimiza o progresso da difusão das técnicas de construção com terra no país, servindo como um aprimorador, não como principal fonte de transformação.

1 INTRODUÇÃO

No momento presente, há um esforço por parte de arquitetos, engenheiros, pesquisadores e outros profissionais para a execução de projetos e de pesquisas que tenham como foco principal a arquitetura e construção com terra, a qual sofreu, entre outras causas, um processo de associação de falsas concepções no imaginário coletivo cultivando uma resistência para o seu uso. Esse grupo de agentes, organizados ou não, vem paulatinamente buscando modificar essa reputação, solucionar quaisquer empecilhos para a sua execução e ao mesmo tempo investigar o material em suas possibilidades de uso contemporâneas. A normatização dessas técnicas, atualmente, corresponde a um desses mecanismos facilitadores para alguns entraves relativos ao uso da terra como material da construção. Diante da realidade exposta, estabelece-se a seguinte questão: como a elaboração das normas para a construção com blocos de terra comprimida, taipa e adobes é influenciada pelas pesquisas desenvolvidas no Brasil e pelo seu emprego por parte dos profissionais?

Historicamente, uma das expressões da arquitetura vernácula no Brasil é a arquitetura com terra. Uma técnica milenar na história da humanidade, sendo um recurso abundante utilizado de forma isolada ou em combinação com outros materiais e desenvolvida regionalmente, adaptando as soluções arquitetônicas ao clima local e tipo de solo. Apesar da constatação de registros na literatura do uso expressivo da terra na autoconstrução

residencial multifamiliar brasileira ao longo dos anos, como reflexo da industrialização, tanto por iniciativa do poder executivo quanto da população, os sistemas construtivos com terra foram, aos poucos, substituídos por outros, tais como a alvenaria com blocos cerâmicos, concreto e aço.

A arquitetura e construção com terra adquiriu uma reputação negativa no imaginário coletivo associando-a a construções com pouca qualidade, utilizada por populações de baixa renda e facilitadora à proliferação da doença de Chagas. E então, aquilo que era uma solução primária para as construções, entrou em desuso. Pordeus *et al.* (2016) ressaltam que as casas populares reerguidas com esses novos materiais tornaram-se indicadores de melhoria da qualidade de vida familiar e elevação do status econômico frente a superação da casa de taipa.

De acordo com Pinheiro *et al.* (2016, p.124-125) o seu uso ainda mais recente nas décadas de 1980 e 1990 deve-se também ao emprego do material em projetos arquitetônicos de conjuntos habitacionais projetados por arquitetos renomados como Lina Bo Bardi e Lúcio Costa e pela criação de grupos de pesquisa, difundindo mais expressivamente a técnica e diretrizes construtivas. Porém, continua a decair em decorrência das políticas sanitárias intensificadas na década de 1990, sendo o principal alvo a taipa de mão. Nos anos 2000, associado ao surgimento de empresas especializadas no Sul e Sudeste do país e à dificuldade de obtenção de madeira local após um crescimento expressivo dos centros urbanos, há um impulso na produção em taipa de pilão. E o material, antes associado à pobreza e à proliferação de doenças, volta na fase contemporânea vinculado a um ideário de sustentabilidade e inovação. Ao todo, entre os anos 1986 e 2020 foram publicadas 14 normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) para a construção com terra, das quais 12 dizem respeito a técnicas de bloco comprimido ou tijolo e bloco solo-cimento, uma à construção de parede monolítica sem função estrutural e, a mais recente, referente ao adobe. Supõe-se que a existência da norma técnica para um método construtivo facilita sua adoção por um maior número de pessoas.

O estudo do tema vem em um momento em que muito se debate o desenvolvimento sustentável e conseqüentemente atrai atenção para técnicas que se mostram como solução para uma arquitetura eco eficiente e sustentável. A busca por esse material cresceu nas últimas décadas, não coincidentemente ao mesmo tempo em que se divulgam os danos ambientais oriundos da construção civil. Apesar da terra ser empregada em obras há milênios, sua regulamentação e estudos que embasem seu uso atualmente são insuficientes. Contudo, nos últimos anos, vários países atuam no sentido de estabelecer novas diretrizes, incluindo o Brasil. Para o uso adequado dos materiais na construção civil, busca-se diminuir as variáveis e as imprecisões que podem colocar em risco as edificações e os usuários, fazendo-se necessário conhecer suas propriedades e seus modos de utilização. A criação de normas técnicas auxilia na correta aplicação prática desses materiais. Esse crescente interesse pela arquitetura e construção com terra, o desenvolvimento das normas brasileiras e o déficit de pesquisas na área, justificam este trabalho de investigação dos fatores que influenciaram o processo de regulamentação da construção com terra no Brasil.

Dessa maneira, como objetivo geral deste trabalho, busca-se compreender o papel dos agentes externos e produtores no processo de elaboração das normas, contribuindo para a documentação e debate acadêmico acerca do uso da técnica e materiais, mas também da necessidade de repensar a arquitetura em busca de soluções mais sustentáveis. Para tal fim, buscou-se entender a influência dos agentes alavancadores no processo de conhecimento e uso do material; assimilar a dinâmica dos procedimentos da elaboração de novas normas na padronização técnica dos sistemas e materiais construtivos; analisar a influência dos agentes técnicos, informais e pesquisadores na elaboração de novos itens normativos e na fomentação do uso das técnicas e, por fim, apontar elementos que contribuam para a compreensão do papel das normas técnicas para a produção arquitetônica com terra. Para alcançar tais objetivos, utilizaram-se dados empíricos obtidos a partir de questionários, entrevistas, pesquisa e acompanhamento de palestras e reuniões.

Diante do exposto, três hipóteses foram levantadas para responder à questão inicial a respeito das influências na criação de normas para construção com terra:

a) A primeira trata de como a utilização histórica do material no Brasil, na forma de um saber popular voltado à autoconstrução, deixa evidente a necessidade de sua regulamentação visando a qualidade das edificações e a manutenção das construções existentes, sem que seja necessária sua substituição por outros sistemas, tais como o da alvenaria de blocos cerâmicos.

b) A segunda hipótese entende-se o arquiteto como um importante agente nesse processo. A adoção do material por arquitetos renomados e o surgimento de empresas especializadas promoveram o uso do material de novas formas, demonstrando a necessidade de normas técnicas específicas para o Brasil.

c) A terceira, como a fomentação da pesquisa científica foi importante para o desenvolvimento de recomendações técnicas e, conseqüentemente, para o estabelecimento de normas técnicas no país.

O objeto de estudo consiste então na relação entre os produtos do uso construtivo e das investigações científicas com a implementação da regulamentação técnica para arquitetura de terra.

2 METODOLOGIA

O universo de estudo desta pesquisa abrange todo o território nacional a partir da década de 1980, que foi o período em que foram elaboradas as primeiras normas relacionadas ao material e também um período de transformações na significância da arquitetura com terra.

O método adotado para proporcionar bases lógicas à investigação científica é o método hipotético-dedutivo, de Karl R. Popper, que consiste na formulação de um problema, construção de hipóteses/proposições baseadas em conhecimentos prévios e passíveis de teste, em seguida os testes para pôr à prova tais hipóteses, conforme explicado por Lakatos e Marconi (2003).

Os procedimentos técnicos utilizados foram: Pesquisa bibliográfica, constituída principalmente de livros e artigos científicos publicados; Pesquisa documental: em textos e documentos que são livros ou artigos, como leis, normas, estatísticas, relatórios, etc.; Pesquisa ex-post facto, estudo realizado após a ocorrência de variações na variável dependente no curso natural dos acontecimentos (Gil, 2002). Outros procedimentos específicos deste trabalho são: identificação e caracterização dos agentes produtores; e consultas aos profissionais e grupos que trabalham com o tema.

Foram realizadas quatro entrevistas, de forma virtual, sendo duas com engenheiros civis, pesquisadores da área de engenharia ambiental e, outras duas, com arquitetas e urbanistas que atuam na área de projeto e construção com terra. Apresentados como:

a) 1º entrevistado – mestre em engenharia ambiental urbana, engenheira civil, pesquisadora aposentada do CEPED (1976 - 2007), participou da elaboração das normas de solo-cimento, adobe e taipa, ex-coordenadora da Rede TerraBrasil (2007-2012), ex-coordenadora da Rede Ibero-americana Proterra (2006-2008), coeditora de *Arquitectura de Tierra en América Latina* (2016). Atualmente coordena comitê científico dos eventos SIACOT e TerraBrasil, avalia artigos técnicos e atua como editora de publicações.

b) 2º entrevistado – doutor em ciências da engenharia ambiental, mestre em arquitetura e urbanismo, engenheiro civil, professor aposentado da Faculdade de Engenharia de Bauru e do Programa de Pós-Graduação em Arq. e Urb. da Faculdade de Arquitetura Artes e Comunicação da UNESP – Bauru (1982-2019), desenvolve pesquisa sobre o uso da terra como material de construção desde 1994; palestrante e ministrante de oficinas em eventos acadêmicos e científicos diversos, membro da Rede PROTERRA e da Rede TerraBrasil e foi o coordenador da Comissão de Estudo CE-002:123.009 – Construções com Terra no período da elaboração da norma de adobe, publicada em 2020.

c) 3º entrevistado – arquiteta, mestra em Arquitetura e Urbanismo (UFSC), estudou o comportamento de higrotérmico de ambientes em adobe no clima subtropical úmido. Co-fundadora do coletivo Adamá bioarquitetura que desenvolve projetos arquitetônicos bioclimáticos, construção de baixo impacto ambiental, cursos, consultoria e capacitação de mão de obra. Atualmente, atua como arquiteta no Escritório Baixo Impacto Arquitetura, em Florianópolis, especializado em empreendimentos ecológicos e bioarquitetura em lotes urbanos, rurais, sítios, condomínios e ecovilas.

d) 4º entrevistado – arquiteta e urbanista, especializada em conforto térmico do ambiente construído pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Faz pesquisas nas áreas de arquitetura vernácula, bioarquitetura, bioconstrução, bioclimatologia e permacultura; atua no mercado desde 1985 nas três escalas do projeto: arquitetura de interiores, projeto de edificações e projeto urbano.

Os questionários foram elaborados com três estilos de perguntas: abertas, fechadas (sim ou não) e de múltiplas escolhas. Foram aplicados através da plataforma de formulários Google Forms e enviados por e-mail para os membros brasileiros das redes PROTERRA e TerraBrasil. Também foram usados dados obtidos com a participação de eventos online, como o “Normas para Construção com Terra no Brasil” do evento Terra em Debate e a 4ª Reunião da Comissão de Estudo ABNT/CE-002:123.009 referente à norma de taipa.

3 AS NORMAS E OS AGENTES INFLUENCIADORES: UMA RELAÇÃO DE MÃO DUPLA

As primeiras normas brasileiras relacionadas à arquitetura e construção com terra começaram a surgir na década de 1980 e alguns fatores foram essenciais para esse advento. Era um período em que o mercado da construção estava despertando para a busca de alternativas de materiais mais sustentáveis devido à crescente escassez das matérias-primas naturais já utilizadas e à grande geração de resíduos (Giorgi, 2016). Neste capítulo serão elencados alguns dos agentes que trabalhavam com terra nos períodos antecessores à publicação das NBRs e descritas suas principais ações que tiveram influência direta no interesse coletivo para elaboração das normas relacionadas à terra. Tais agentes são divididos em profissionais da construção civil que trabalham com terra - aqueles que devido ao seu reconhecimento profissional contribuíram para a retomada das técnicas e a ressignificação do material - e pesquisadores e entidades de pesquisa - suas contribuições ao processo de normalização voltadas a estudos e publicação de documentos que fundamentaram as discussões e os textos das normas.

A concepção desses agentes se ampara na palestra Normas para Construção com Terra no Brasil do evento Terra em Debate¹ e na observação de relatos do que estava acontecendo no período da elaboração das normas. Foram considerados agentes aqueles que estavam diretamente relacionados à reivindicação da criação das normas e aqueles que por fatores indiretos influenciaram de alguma forma o processo.

Em um período de declínio das técnicas construtivas tradicionais e de uma conotação negativa relacionada às técnicas de terra, a escolha desse material para projetos de arquitetos renomados vem de encontro a essa conotação inverídica que predominava no imaginário da população. Experiências como a proposta feita por Lúcio Costa para Monlevade/MG em 1934, que combinavam técnicas construtivas modernas e tradicionais, casas que misturam concreto armado e taipa, telhas de fibrocimento e forro de taquara. A taipa ficava no primeiro andar, apoiada pelo pilotis que a protegia da umidade do solo. Anos mais tarde, Acácio Gil Borsoi, em 1963, propõe para conjunto habitacional Cajueiro Seco, em Pernambuco, o uso da taipa de mão pré-fabricada na construção das casas populares, por ser um sistema mais conhecido da população local e permitir a utilização de toda a

¹ evento Terra em Debate é realizado pela Rede TerraBrasil na modalidade remota e com o apoio da Rede PROTERRA. A edição denominada Normas para Construção com Terra no Brasil aconteceu no dia 28 de outubro de 2020 em parceria com o Centro Universitário Newton, de Belo Horizonte/MG. Pode ser encontrada no canal do Youtube da Rede TerraBrasil através do link <https://www.youtube.com/watch?v=S7lJmkQ-iYc&t=4s>

família como mão de obra. Em 1975, também a arquiteta Lina Bo Bardi indicou o uso de paredes de vedação pré-moldadas de solo estabilizado com cimento e capim no seu projeto para a Comunidade de Camurupim, em Sergipe.

Os projetos que propunham construções com técnicas não normalizadas tinham dificuldade em receber financiamento por parte de bancos ou projetos governamentais. De todas essas propostas que utilizavam a taipa, somente a do Cajueiro Seco foi parcialmente executada em regime de mutirão. Tendo sido interrompida com o início da ditadura militar. Neste período, há um hiato de grandes projetos utilizando técnicas de terra; observam-se meramente obras pontuais particulares. Apenas na década de 1980, com o auxílio da Caixa Econômica, foram construídos conjuntos habitacionais em taipa de mão, como as casas em João Câmara e Poço Branco, no Rio Grande do Norte (Pinheiro *et al.*, 2016).

A Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) é uma associação responsável por promover diversos estudos sobre cimento e suas aplicações. Dentre estas, as misturas compactadas em blocos de solo-cimento, material conhecido também como BTC, que são tijolos de terra estabilizada com cimento. Em 1940, o diretor da ABCP traz para o Brasil o engenheiro Gerald Franklin Briggs, do Departamento de Estradas e Rodagem do Estado de Nebraska, para orientar nas aplicações do solo-cimento no revestimento das estradas. A partir de então, algumas obras começaram a ser realizadas com a utilização desse material, juntamente aos guias e manuais elaborados pela associação.

O Departamento de Estudos e Pesquisas Aplicadas do Banco Nacional de Habitação (BNH), a partir de 1971, após verificar que as técnicas construtivas convencionais utilizadas no país eram insuficientes para atender as questões da habitação de baixo custo, fomentou pesquisas para a produção de alternativas tecnológicas. Uma das frentes de pesquisa era a do uso de solo-cimento para a produção de habitação. Nessa frente destacaram-se dois institutos que recebiam incentivos financeiros do BNH: O Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) e o Centro de Pesquisa e Desenvolvimento (CEPED). O primeiro com estudos sobre a viabilidade técnica e econômica da fabricação de tijolos e blocos de solo-cimento. O segundo com o Projeto de Tecnologia de Habitação de Baixo Custo (THABA), que fez estudos de materiais, desenvolvimento de sistema construtivo de painéis monolíticos de solo-cimento, transferência de tecnologia e avaliação pós-ocupação.

Ambos deram origem a diversos manuais, cartilhas e indicações técnicas publicados pelo BNH, que mais tarde dariam suporte às normas. Entre os anos de 1983 e 1984, o BNH e a ABCP unem-se para fazer a uniformização das técnicas de aplicação de solo-cimento na construção habitacional, envolvendo também o CEPED, o IPT e outras instituições que auxiliavam nas pesquisas, sendo elas: TECMOR equipamentos mecânicos Ltda, Companhia de Habitação de São Paulo (COHAB/SP), Secretaria de Administração do Estado do Paraná (SEAD/PR), Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais (CETEC/MG) e Companhia Estadual de Habitação do Rio de Janeiro (CEHAB/RJ). Dessas reuniões saíram manuais, cartilhas e boletins técnicos publicados pelas instituições de acordo com seu público-alvo, até culminarem nas oito primeiras normas técnicas publicadas pela ABNT sobre solo-cimento.

Em 1984, vinte anos após sua criação, o banco cria o Projeto João-de-barro de incentivo à autoconstrução. Porém, dois anos mais tarde, o BNH é extinto, assumindo a CEF alguns de seus projetos, mas sem a estrutura de financiamento à pesquisa.

As construções com terra passaram por um momento de renovação com as emergentes questões de sustentabilidade que passaram a ser levantadas. A partir de então, nota-se o crescimento gradativo nas produções com terra por volta da década de 1990 até os dias atuais, incluindo as técnicas não normalizadas. Fato que pode ser relacionado à criação de redes de pesquisa, construtoras especializadas em construção com o material e com a realização de cursos de capacitação. Fatores que sustentaram a ideia de um método construtivo não ultrapassado, mas relevante ainda nos dias atuais.

A partir de 2002, o grupo HABIS iniciou o projeto INOVARURAL no assentamento rural Pirituba II (Itapeva/SP), com a construção de habitações de interesse social com adobe e

madeira, em parceria com o Centro de Trabalhos para o Ambiente Habitado (USINA) e financiamento da CEF e INCRA. Em 2006, também com financiamento da CEF, assumiu mais um projeto habitacional em assentamento rural, no Sepé Tiaraju (Serra Azul-SP), onde foram aplicadas outras técnicas do uso da terra em um grupo de famílias denominado grupo alternativo. Porém um dos maiores problemas para a obtenção do financiamento foi mais uma vez a falta de normas que garantissem a qualidade do material, por isso eram comumente privilegiados os materiais convencionais. Somente após várias pesquisas para a comprovação das condições de uso, os subsídios foram aprovados.

As redes PROTERRA e TerraBrasil fazem parte do processo de institucionalização da arquitetura e construção com terra, que ajudou a aproximar as diversas realidades e contextos nacionais e internacionais por meio de compartilhamento e disseminação de informações. Entre 2007 e 2008 surge o Programa Interlaboratorial PROTERRA, que em parceria com a Rede TerraBrasil passaram a lançar propostas de estudos e avaliação de métodos de ensaios com terra, das quais o primeiro produto, denominado Métodos de ensaios para a caracterização física e mecânica de adobes, teve a participação de um laboratório italiano, dois argentinos e dois laboratórios brasileiros. O ensaio de resistência à compressão estabelecido na norma de adobe, publicada em janeiro de 2020, foi fundamentada por esses métodos.

Durante o TerraBrasil 2012, foi formada uma comissão de membros da Rede TerraBrasil para elaborar o texto para o projeto de norma de adobe fundamentada na proposta apresentada por Barbosa *et al.* (2005). Em março de 2014, a Faculdade de Engenharia da Universidade Estadual Paulista – campus Bauru apresentou o texto base à ABNT, solicitando a criação da comissão de estudo para a discussão da proposta da norma, que foi instalada em setembro de 2015². A referida norma foi aprovada em janeiro de 2020. Em seguida, a comissão de estudos apresentou o texto base para a discussão da norma de taipa.

4 O USO DAS NORMAS PELO SETOR CONSTRUTIVO

A partir da aplicação dos instrumentos de pesquisa (questionários e entrevistas) descritos no capítulo de Metodologia foram obtidos os resultados dos questionários respondidos por membros da Rede TerraBrasil. No total, 23 participantes, entre eles pesquisadores, projetistas e construtores de quatro regiões do Brasil – Nordeste, Sudeste, Centro-oeste e Sul – que trabalham ou já trabalharam com terra. Dos quais, 13 consideram sua principal área de atuação a pesquisa, e o restante, projeto e construção. A figura 1 apresenta o quantitativo de respostas referentes à oferta de normas, em que predomina sua carência.

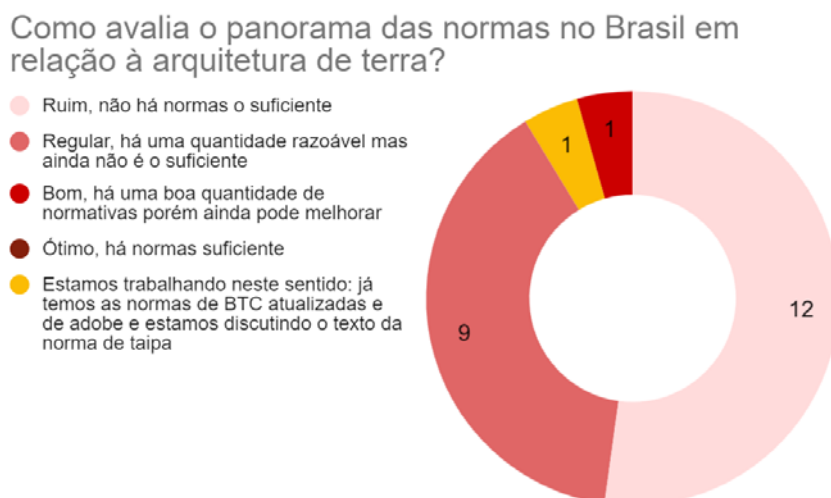


Figura 1 – Avaliação quantitativa sobre a disponibilidade de normas sobre arquitetura e construção com terra no Brasil

² CE-002:123.009 Comissão de Estudo de Construções com Terra

Mais da metade dos participantes consideram que não há normas o suficiente. É importante ressaltar, no entanto, que há uma quantidade expressiva de normas, porém, em sua maioria, tratam apenas de técnicas de solo-cimento e ainda não contemplam a diversidade de técnicas desenvolvidas no país. Com o incentivo das redes e associações que surgiram ao longo dos anos, existe um processo em andamento que está conduzindo a regulamentação de algumas técnicas, como o adobe, que teve sua norma publicada, no ano de 2020 e a taipa de pilão, que está em discussão.

De acordo com as respostas do questionário, todos reconheceram a importância da normatização das técnicas no país, porém, os pesquisadores indicaram maior relevância da normatização para o próprio trabalho se comparado com as áreas de projeto, planejamento e construção (tabela 1).

Atribui-se este fato a duas condições: a primeira é que acontece, nos últimos anos, uma movimentação em torno das normas da ABNT, com a atualização das antigas normas de solo-cimento, a publicação da norma de adobe e as discussões sobre uma nova norma de taipa. Entende-se que o trabalho desenvolvido pelos pesquisadores veio a ser de extrema importância como base para elaboração e atualização desses conteúdos. Por outro lado, no contexto da práxis, constrói-se com terra independentemente da existência da regulamentação. Nas entrevistas realizadas nesta pesquisa, dois profissionais que trabalham na elaboração e execução de projetos arquitetônicos com terra confirmaram essa premissa, ambos relatam ter adquirido seus conhecimentos sobre o tema através da transferência de informações em cursos e com pessoas que já trabalhavam com as técnicas, tendo pouco ou nenhum contato com as normas.

Tabela 1 – Importância das normas no desenvolvimento de atividades profissionais de acordo com as respostas ao questionário

Área de atuação declarada	Número de respostas	Importância das normas nas atividades declaradas		
		Baixa	Média	Alta
Projeto	3	1	2	
Construção	3		3	
Projeto e construção	3		1	2
Projeto e planejamento	1		1	
Pesquisa	13		1	12
Total	23	1	8	14

A tabela acima reitera a hipótese da maior relevância das normas para o campo da pesquisa frente às outras áreas de atuação. Esse ponto foi levantado pelo 1º entrevistado, ao delimitar a função elementar das normas de materiais de construção, que muitas vezes são confundidas com a função de manual:

A norma é necessária quando um produtor e um consumidor têm um investimento oficial. Quando um banco vai financiar um trabalho, ele nunca vai financiar se não tiver a norma ou se não tiver um regulamento que avalia o desempenho. (...) A norma não é um documento como uma cartilha, não é um manual. É um documento de regulação. Ela assegura, digamos assim, o aval para se produzir algo com a qualidade que o usuário espera receber. E isso pode ser feito independente da norma (informação verbal)³.

3 Engenheira civil e pesquisadora, membro das redes PROTERRA e TerraBrasil, em entrevista realizada no dia 18 de novembro de 2020 através da plataforma Google Meets.

De acordo com o dicionário online Michaelis⁴, “manual” pode ser descrito como “livro que oferece orientação para a execução ou o aperfeiçoamento de determinada atividade; guia prático”. É finalidade dos manuais as orientações práticas para o processo de construção. As normas têm sua função mais limitada e uma linguagem técnica. Conforme indicam Houben e Guillaud (2006 apud Frank, 2017, p.116) ao se referirem à importância das normas:

A importância dos valores numéricos pode ser menor para pequenas construções individuais, mas constitui definitivamente uma referência para os organismos de financiamento e de seguro, pois estas não podem investir em construções onde não exista uma garantia técnica.

A publicação de normas tem seu mérito na difusão das técnicas de terra e como forma de salientar que a terra é um material equivalente aos tidos como convencionais. Esse efeito alimenta a possibilidade de elaboração de novas normas, pois o potencial aumento do uso do material por sua disseminação confirma sua relevância no meio construtivo, favorecendo a normatização das outras técnicas.

Um ponto de relevância para mudança de falsas concepções que se tem desse material é a discussão, ou a falta dela, nas instituições de ensino, especialmente nos cursos de graduação. A pouca instrução dessas técnicas repercute na pouca quantidade de profissionais capacitados e interessados em projetar e construir com terra. Todavia, constata-se o aumento de cursos existentes atualmente externos ao ambiente universitário. Tal fato denota o aumento da consciência ambiental e é incentivado por organizações e grupos, principalmente relacionados a assuntos como o da permacultura (Santos, 2015).

Tendo em vista as hipóteses concebidas no início da pesquisa, após a coleta e análise de informações ao longo deste trabalho, percebeu-se que é um equívoco comum a associação de vários fatores a uma relativa carência de normatização. Só após uma pesquisa mais aprofundada e consulta a especialistas foi possível aferir que a publicação de uma norma serve a um propósito bastante específico e que muito do que é associado como consequência dela não pode ser afirmado. Na realidade, pode ser prontamente refutável. A maioria das construções compreendidas como precárias são fruto de autoconstrução ou uma construção a qual, existindo ou não os parâmetros normalizados, não se utilizaria das normas, dado que estas são profundamente técnicas e não são de uso obrigatório.

Na primeira hipótese considerou-se uma relação entre o restauro e manutenção das edificações com terra e a necessidade de normatização. Mas através dessa pesquisa isso não pode ser comprovado, devido à falta de uma ligação direta entre os dois componentes. Pois as normas da ABNT sobre terra não são delineadas sob o olhar da manutenção de obras já existentes e sim objetivando novas construções. As questões de restauro fazem parte do escopo de documentos de outras organizações, como os manuais do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN).

Quanto à segunda hipótese, que aponta a influência do uso da terra por construtores e projetistas, tem certa relevância nesse contexto, todavia não aponta diretamente a uma indispensabilidade de normas técnicas. O saber popular e a difusão das técnicas de maneira informal ocupam um grande espaço no processo de execução das obras, que há muito ocorrem independentemente da existência de normas. A relevância da construção com terra moderna é a de manifestar sua utilidade nos tempos atuais.

A terceira hipótese teve sua confirmação estabelecida a partir da pesquisa bibliográfica, ao encontrar-se os contextos e processos que culminaram na produção das normas existentes. Demonstrando como a fomentação da pesquisa científica voltada à construção com terra foi fundamental para o desenvolvimento de recomendações técnicas para o uso do material e consequentemente para o estabelecimento de normas técnicas no país. As entrevistas com especialistas, membros das instituições de pesquisa, vieram a confirmar aquilo que foi

4 MANUAL. In: MICHAELIS, Dicionário Brasileiro da Língua Portuguesa. São Paulo: Editora Melhoramentos Ltda, 2015. Disponível em: <https://michaelis.uol.com.br/busca?id=dNXa4>. Acesso em: 08 dez. 2020.

encontrado, além de delinear o papel desses agentes no processo da elaboração do projeto das normas.

As normas, como visto na revisão bibliográfica, ajudam a padronizar, organizar e qualificar as produções e procedimentos, respaldando e legitimando qualquer trabalho. A elaboração do seu texto é um processo de grande valor, por envolver a participação dos diversos agentes e a sua relevância é inquestionável. Ao analisar o panorama da normatização da terra pela ABNT é possível constatar uma existência razoável de normas, contudo, a maioria relaciona-se unicamente a técnicas de solo-cimento, somando-se apenas no ano de 2020 a norma de adobe. Não é possível, no entanto, associar a inexistência de uma norma para uma determinada técnica com a baixa qualidade das construções, uma vez que as normas brasileiras de materiais da construção civil não têm como característica o ensino e a instrução detalhada da técnica, esse é o papel de manuais, instruções técnicas e cartilhas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Entre os fatores associados ao atual quadro de desvalorização da terra destaca-se a falta de ensino direcionado às alternativas tecnológicas nos locais de formação de profissionais. Fato que causa o desconhecimento dos sistemas construtivos por parte de arquitetos, engenheiros e construtores e leva à rejeição da opção de se construir com terra. Neves e Faria (2011, p. 10) destacam:

Na sua grande maioria, os centros educativos e universidades não contemplam a arquitetura e construção contemporânea de terra como uma disciplina regular, o que impede a generalização da formação neste tema, a qual permitiria a postura correta dos profissionais atuando em seus postos de trabalho, quando necessitassem emitir uma avaliação, aprovar um projeto ou até mesmo projetar e construir com terra.

Existem, além disso, os interesses econômicos e políticos que muitas vezes buscam descreditar a terra para manter os privilégios dos materiais que já dominam o mercado e favorecer monopólios industriais. Toda essa desvalorização se reflete na dificuldade de obtenção de financiamento pelos agentes de financiamento. Algumas garantias são necessárias para se conseguir recursos financeiros para obras de habitação, por esse motivo, as normas são tão necessárias. Elas fundamentam e consolidam a terra como material de construção no mesmo nível dos demais.

Os objetivos foram atingidos conforme o escopo da pesquisa. A partir dela pôde-se entender o real papel das normas de material de construção, seus processos, agentes influentes e a que se presta. Como era objetivo do trabalho, os agentes foram identificados por meio de investigação que apontou seus campos de atuação e os seus impactos no contexto da construção com terra e da normatização.

Desse modo, conclui-se levantando alguns assuntos pouco discutidos em trabalhos acadêmicos por serem parte de um consenso equivocado e que ofuscaram nessa pesquisa as compreensões iniciais sobre o tema. Como o fato de as normas da ABNT sobre materiais de construção terem por finalidade atingir um público com formação técnica. As condições da autoconstrução não sofrem interferência direta delas. Todavia existem influências indiretas, como a maior facilidade de financiamento.

É de incumbência dos profissionais de formação técnica, que tem capacidade de aplicar seus conhecimentos e os parâmetros da norma, tornar o objeto dela o mais acessível possível para o maior número de pessoas. Existe a Lei 11.888 de 2008 que assegura às famílias de baixa renda assistência técnica pública e gratuita para o projeto e a construção de habitação de interesse social, porém a escassez de incentivo público prejudica sua aplicação. Os problemas que foram com o tempo relacionados às construções com terra na verdade têm raízes bem mais profundas do que a insuficiência de normas. A pouca aplicação da lei afeta negativamente o cenário da construção civil como um todo e a falta de assistência técnica à população de baixa renda interfere no acesso desta aos parâmetros que auxiliariam inclusive na diminuição de custos por tornar a obra mais racional. A

autoconstrução é um elemento característico da história da construção no Brasil. De acordo com pesquisa realizada pelo CAU/BR e pelo Instituto DataFolha, em 2015, mais de 85% da população brasileira constrói e reforma sem orientação de arquitetos e urbanistas ou engenheiros. Todavia, o problema não é a autoconstrução em si, mas a falta de acesso à assistência técnica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAU/BR-Datafolha (2015). Pesquisa Inédita: Percepções da sociedade sobre arquitetura e urbanismo. Brasil: Conselho de Arquitetura e Urbanismo do Brasil. Disponível em www.caubr.gov.br

Franke, Lisa Nathalie (2017). *Arquitetura contemporânea em terra: modos de ver e de fazer*. Dissertação de mestrado. Porto: Faculdade de Arquitectura da Universidade do Porto

Gil, Antônio Carlos (2002). *Como elaborar projetos de pesquisa*. 4. ed. São Paulo: Atlas

Giorgi, Priscila (2016). *Avaliação de Desempenho de Sistema de Vedação Vertical de Bloco de Solocimento Conforme NBR 15575 Referente à Habitabilidade e Sustentabilidade*. Dissertação de mestrado. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria

Houben, Hugo; Guillaud, Hubert (1989). *Traité de construction en terre*. França: Paranthèses

Lakatos, Eva Maria; Marconi, Marina de Andrade (2003). *Fundamentos de metodologia científica*. 5. ed. São Paulo: Atlas

Neves, Célia; Faria, Obede Borges (org.) (2011). *Técnicas de construção com terra*. Bauru: Febr-Unesp / Proterra

Pinheiro, Levi; Rangel, Bárbara; Guimarães, Ana; Silva, Aldeildo (2016). *Panorama da Produção de Obras em Terra Crua com Design Contemporâneo nos Últimos 60 Anos no Brasil*. 2º Congresso Internacional de História da Construção Luso-brasileira - 2016, Porto, Portugal: Faculdade de Arquitectura da Universidade do Porto

Pordeus, Ana Carolina; Vieira, Cintia; Barreto, Monalisa (2016). *Da “casa de mentira” para a “casa de verdade”: a negação de habitações em taipa de mão e sua substituição*. Natal/RN. Trabalho não publicado

Santos, Clarissa Armando dos (2015). *Construção com Terra no Brasil: Panorama, Normatização e Prototipagem com Terra Ensacada*. Dissertação de mestrado. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina

AUTORES

Beatriz de Moraes Vieira, graduanda em arquitetura e urbanismo na Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

Janine Ariane do Nascimento Ramalho, graduanda em arquitetura e urbanismo na Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Currículo em <http://lattes.cnpq.br/2807017929438134>



KALUNGA: A RESSIGNIFICAÇÃO DO QUILOMBO PARA A CIDADE DE MONTENEGRO, RIO GRANDE DO SUL

Thomaz Amaral Grudginski¹; Patrícia Freitas Nerbas²;

Universidade do Vale dos Sinos - UNISINOS, Brasil,

¹thomaz_grudginski@outlook.com; ²patriciafnerbas@gmail.com

Palavras-chave: cultura negra, memória, construção com terra.

Resumo

Diante as carências sócio-econômicas e falta de memória dos valores culturais da comunidade negra no contexto brasileiro, este artigo explora o processo de projeto de um trabalho de conclusão do curso de Arquitetura e Urbanismo. O projeto do centro cultural e social denominado de Quilombo Kalunga, foi desenvolvido para na cidade de Montenegro, no Rio Grande do Sul, pautado em um processo de projeto participativo em conjunto com a comunidade da Associação Floresta Montenegrina. É um projeto voltado para a memória da comunidade negra, e também busca ser um lugar de encontros e vivências para toda a comunidade da região. O processo de desenvolvimento projetual foi feito em sintonia com a Associação, que é fomentadora da cultura negra na cidade e ponto de resistência desde 1913. O projeto busca a pertinência da forma arquitetônica, estabelecendo relações com o lugar, o programa e a construção. O uso da terra como sistema e material, além de ser apropriado à concepção da forma, é uma solução para a economia de meios, apresenta baixo impacto ambiental, uma tecnologia social que oportuniza processos de aprendizagem na ação, e remete a memória da comunidade local. Portanto o uso da terra como sistema construtivo ressignifica os valores da arquitetura contemporânea e os valores culturais.

1. INTRODUÇÃO

O Rio Grande do Sul é o estado brasileiro com uma das menores taxas de população negra e parda do Brasil. Segundo o censo demográfico de 2010 (IBGE, 2010), esta população representa 16% dos habitantes do Estado, diferente do país que é de 54%. Para Séguin (2002) “minorias são os chamados grupos vulneráveis (...), grupos que sofrem discriminação e são vítimas de intolerância”. Configurando, portanto, não só como minoria social, mas também como uma minoria numérica, diferentemente da configuração nacional.

O fato de se consolidar como minoria efetiva na configuração populacional do Estado, desenha tão logo uma dificuldade representativa ainda mais constante. É possível perceber no Estado, porém, manifestações culturais bastante aceitas e enraizadas e com importância social para as outras etnias e descendências, como por exemplo as cidades de São Leopoldo e Novo Hamburgo, que abrigam museus da cultura alemã e cidades da serra gaúcha, como Caxias do Sul, Garibaldi e Carlos Barbosa, e as cidades do Vale dos Vinhedos em geral, que possuem os museus de cultura italiana, além dos festivais clássicos no estado como a Festa da Uva e a Festa do Queijo e do Vinho, como manifestação cultural de suas respectivas etnias. A configuração da população negra no estado, porém, aconteceu tão intimamente e inclusive anteriormente à imigração alemã e italiana no Rio Grande do Sul. Segundo Assumpção (2013) “Com a criação das grandes charqueadas, a partir de 1780, houve uma introdução de negros em grande escala no Rio Grande do Sul.”

Durante o período de escravização no estado, bem como durante o processo de deslocamento de tropas farroupilhas, começaram a se formar os primeiros povoados quilombolas do Estado. São oito os grandes conglomerados quilombolas do Rio Grande do Sul, sendo eles: Quilombo do negro Lúcio (ilha dos Marinheiros), Quilombo do Arroio, Quilombo da serra dos Tapes, Quilombo de Manuel Padeiro, Quilombo do município de Rio

Pardo, Quilombo na Serra do Distrito do Couto, Quilombo no município de Montenegro e Quilombo Família Silva.

Entre estes, o quilombo de Montenegro não possui sua localização histórica precisa. Portanto, não há regularização de território quilombola na cidade. Apesar disso, é sempre lembrado como pertencente ao corpo inicial da cidade, onde hoje está o bairro Centro. Portanto o presente trabalho sistematiza os principais resultados da concepção da forma durante o desenvolvimento de um trabalho de conclusão do curso de Arquitetura e Urbanismo, pautado no processo de participação da comunidade envolvida.

A Associação Floresta Montenegrina foi criada em 1913, por influentes líderes da comunidade negra, um marco cultural e de resistência para a comunidade negra, que foi fundamental na criação do conglomerado urbano na área, e tão logo, no estabelecimento da cidade. A intensão da criação da Associação foi de congregar os pares, sistematicamente isolados da cena social e cultural da cidade com a hegemonização das culturas ítalo-germânicas. A Associação, atualmente, fomenta a cultura da comunidade negra local, organizando eventos sociais, além de oficinas de literatura, dança, música, artes plásticas e cênicas.

Com base na relevância histórica da comunidade, o Quilombo Kalunga é uma proposta de projeto arquitetônico como forma de fortalecimento do território étnico, com a criação de um espaço de pertencimento cultural que consiga funcionar como uma nova sede para a associação e reagrupar a comunidade da região em um ambiente que historicamente ela faz parte desde as origens como sociedade.

Além de apoiar e fortalecer o fomento cultural do qual a Associação se propõe, com a expansão das atividades, o projeto pode contribuir com o resgate histórico desta comunidade. Oferecendo de modo simultâneo o reconhecimento da cultura negra no território local e a disseminação desta cultura ressignificando a composição das etnias na configuração brasileira, gaúcha e montenegrina.

A partir da criação deste espaço físico, faz-se necessário um projeto que envolva intimamente a comunidade, através do público-alvo direto, na criação do projeto, além de considerar, segundo Mahfuz (2013) a pertinência formal e suas relações com o programa, o lugar e a construção.

Tendo em vista que a Associação sobrevive de modo precário, e em geral a comunidade envolvida apresenta certo nível de vulnerabilidade social, o projeto foi desenvolvido com foco na economia de meios, aplicando materiais de baixo custo. Além disso, a intenção é contribuir para o tripé da sustentabilidade, considerando aspectos sociais, econômicos e ambientais relacionados. Portanto, a definição das estratégias de projeto e a especificação dos sistemas construtivos e materiais está pautada nos seguintes princípios: baixo impacto ambiental, apropriação cultural e economia de meios.

Para além de apenas oferecer uma nova sede, que este projeto possa mediar a integração entre toda a comunidade e, conforme Wahl (2020) possa contribuir com a regeneração da cultura e da natureza local. Diante deste contexto os sistemas construtivos aplicados no projeto estão associados às técnicas construtivas do uso da terra.

2. OBJETIVO

O objetivo do presente artigo é sistematizar as principais estratégias de um projeto de um centro social e cultural utilizando a terra como material de construção para a Associação Floresta Montenegrina, comunidade negra presente em Montenegro e região, fundada por descendentes quilombolas da cidade.

Além disso, ressignificar a memória das técnicas construtivas do território ao qual a comunidade pertencia – e foi perdido - propondo também uma reflexão sobre as relações que a construção com terra pode estabelecer com a mesma comunidade.

3. METODOLOGIA

O estudo tem caráter exploratório e qualitativo com foco no processo de projeto arquitetônico colaborativo com o uso de técnicas de construção com terra e outras estratégias de sustentabilidade. A revisão bibliográfica permeia todo o processo de desenvolvimento do projeto, desde a formulação inicial dos problemas relacionados à comunidade quilombola estudada, às definições de estratégias de projeto, sistemas e técnicas construtivas aplicadas. O artigo parte de uma proposta de projeto para trabalho final de graduação em arquitetura e urbanismo, na Universidade do Vale dos Sinos, no Rio Grande do Sul.

A estratégia de pesquisa é o estudo de caso na comunidade quilombola do município de Montenegro, Rio Grande do Sul. O estudo de caso é analisado a partir do próprio processo de desenvolvimento do projeto arquitetônico. Além do arquiteto observar os requisitos tradicionais de um projeto de arquitetura, incluindo o olhar da sustentabilidade no processo de projeto, o partido arquitetônico é desenvolvido em um processo participativo, no qual os integrantes da comunidade local, representados pelo corpo diretivo da Associação, são ativos no processo de projetar.

A partir das pesquisas bibliográficas e das entrevistas com membros da comunidade é formulado o programa de necessidades do edifício e espaços livres no entorno imediato, bem como foi definida a técnica construtiva com o uso da terra, por este material apresentar características relacionadas a memória da comunidade, alternativa de baixo custo com qualidade ambiental associada.

A definição do uso da terra na envoltória da edificação, na estrutura das paredes internas e nos pavimentos tem triplo enfoque: (a) pautadas na memória da comunidade local; (b) apresenta baixo impacto e desempenho ambiental e (c) adequada eficiência sócio-econômica.

4. DESENVOLVIMENTO

O quilombo, no significado original da palavra, que se origina na língua dos povos Bantus, originários de mais de 500 aldeias africanas, significa União. Também foi como, posteriormente, os negros escravizados no Brasil começaram a chamar os povoados e conglomerados nos quais os negros que conseguiam fugir da barbárie da escravização, os alforriados e outros cidadãos às margens da sociedade se concentravam e se abrigavam para viver em sociedades independentes da configuração brutal da configuração civil do Brasil colonial. Uma espécie de sociedade alternativa regrada, localizada geralmente em área de difícil acesso, ou até mesmo escondida e camuflada na mata, para que ficasse exatamente fora dos olhos da colônia, mas que contava com certo grau de organização, podendo chegar, em alguns casos, a milhares de quilombolas; funcionava como abrigos, como fim e como recomeço. Alguns quilombos contavam com sistema social implantado em formas de aldeias, com código civil, força policial e sistema de representação civil, tal qual a configuração de uma república. Segundo O'Dwyer (2002, p.5-6) "contemporaneamente, portanto, o termo quilombo não se refere à resíduos ou resquícios arqueológicos de ocupação (...). Da mesma forma nem sempre foram constituídos a partir de movimentos insurrecionais ou rebelados, mas sobretudo, consistem em grupos que desenvolveram práticas cotidianas de resistência na manutenção e reprodução de seus modos de vida característicos e na consolidação de um território próprio".

Kalunga ou calunga possui diversas explicações etimológicas, sendo descrita no candomblé, quimbundo, já também na linguagem dos povos Bantos, significa perfeito equilíbrio, harmonia entre o mundo real, o mundo dos vivos, e o mundo dos antepassados, os ensinamentos de todos que já passaram pela experiência da vida, o equilíbrio entre a vida e a morte. Representado como duas montanhas cortadas por um rio, o Rio Kalunga, denota a importância para os povos originários africanos, em especial dos povos Bantos, da congregação entre a vida e as tradições, e em como o equilíbrio entre passado e presente é tão natural quanto a própria natureza.

Portanto o projeto parte do agrupamento entre as palavras Quilombo e Kalunga. Porque quilombo é a união para uma comunidade local e *kalunga* é o resgate histórico. Busca ressignificar o território desta comunidade, a partir do uso de técnicas de construção com terra. Já que ressignificar em arquitetura significa manter os espaços vivos e ocupados. Trazer à luz espaços que ativam a memória de uma população, que ativem a memória afetiva das pessoas, mas que também traga novo público, mais movimento e mais uso. Edelweiss e Garzon (2016, p.2) indicam que “a ressignificação de espaços onde ocorrem manifestações culturais é um importante desafio também para o poder público, cuja responsabilidade é de salvaguarda da memória cultural” o que torna a configuração do projeto como centro social e cultural compatível com o conceito, uma vez que oferece um novo espaço de memória cultural e incentiva a participação da comunidade nos processos tanto de projeto e definição de partido arquitetônico, quanto na construção da edificação.

4.1. O lugar

A área escolhida para implantação do projeto é corresponde a um setor de interesse cultural especial, denominada Setor Especial do Cais do Porto, abrangendo uma área que se define às margens do Rio Caí, onde há conexão com o bairro Centro Velho (Lei Complementar Municipal Nº 4.759). Essa área definida pelo plano diretor da cidade oferece índices urbanísticos diferenciados das zonas urbanas e rurais, uma vez que se baseia no princípio da arquitetura humanizada para criar áreas de convívio urbano e social, onde pode haver horários mais noturnos para o funcionamento de comércios, um aproveitamento maior de terreno e testada, além de taxas de ocupação e limitação da altura em 2 pavimentos, para que se mantenha a correta iluminação natural e padrão histórico da região. O fato de ser uma área de interesse especial, já prevista em planejamento urbano da cidade, configura uma área com potencial importante para a aplicação da proposta de projeto. O fato de o Setor Especial do Cais do Porto estar localizada às margens do Rio Caí, na área que congrega também o Centro Velho, é historicamente relevante também para a comunidade negra local, visto que marca o início do povoamento e processo de civilização e sociedade da cidade, da qual os negros foram parte essencial. O cais do porto de Montenegro é construído no mesmo local do Rio Caí onde desembarcaram as primeiras embarcações dos farroupilhas em trânsito para outras regiões do estado pelo rio.

Observando mais atentamente e detalhadamente os lotes do Setor Especial do Cais do Porto, é possível entender uma massificação urbana intensa, com muitas áreas já comerciais e algumas residências transformadas em algum tipo de comércio de público, uma consolidação bastante relevante que cobre quase toda a área. Próximo ao prédio da Câmara de Vereadores da cidade, encontra-se um lote localizado entre as ruas do Comércio, Rua Dr. Flores, Rua Assis Brasil e Rua Álvaro de Moraes (rua do cais), lote esse que possui 4 lados voltados para as ruas, em um residual dos padrões de quadra da área, e que abriga um depósito de areia dragada do Rio, à céu aberto. Ou seja, um lote de quadra inteira, com conexão direta nas quatro faces, em uma área especial de incentivo cultural e urbano, constituindo então o debate sua função social, descrita no Inciso XXIII do Artigo 5º da Constituição Federal de 1988.

Baseado nessa exploração, o lote foi escolhido para a implantação do projeto. As forças do lugar, além da integração no Setor Especial do Cais do Porto, são seu tamanho relativamente grande para a configuração urbana, aproximadamente 70m x 35m, têm fácil acesso ao centro da cidade, vista direta para o Rio Caí e para a Zona de Preservação da Mata do Caí, situada no lado oposto do Rio, e uma constante renovação da área, baseada no plano diretor da cidade.

4.2. O programa

Mais do que uma área cultural com tema, que faça considerar a Lei Federal nº 10639, que torna obrigatório o ensino sobre história e cultura afro-brasileira, não apenas para as salas de aula de Ensino Fundamental e Médio, mas para mais ambientes de aprendizado e afro afetividade, o desafio da proposta de projeto é como conjugar uma edificação que seja um

centro cultural e social para a comunidade negra da região e que seja possível de administração por parte da Associação, tanto sob a ótica econômica quanto humana. Um centro social e cultural precisa fornecer atendimento ao público de forma organizada, que fomenta o encontro social, a visita, a participação popular e que traga para si o convívio e o contexto local. Precisa, porém, que funcione de forma saudável financeiramente, visto que a participação pública sofre diversas reduções de aportes nos últimos anos.

O IBGE (2018) indica que, em todas as três esferas do poder público, houve redução sua participação de gastos no setor cultural. Em relação a 2011, o total de gastos públicos era de 0,28%, passando para 0,21% em 2018.

As responsabilidades de um centro social e cultural também são importantes para o contexto local e das pessoas: precisa transmitir e incentivar a prática cultural, assim como convívio social. Atualmente, a Associação trabalha com a cultura através de oficinas de dança, música, literatura e filosofia da cultura negra nacional. Como forma de captar recursos e promover o convívio social, propõe festas comunitárias e aluga o próprio espaço da sede, para eventos e feiras ocasionais ou chamamentos aos associados. A proposta de projeto é criar um espaço que cumpra seu papel cultural e social, através da criação de espaços de múltiplos usos. Além das oficinas, um restaurante aberto ao público e uma área de exposições, através de um memorial fixo e exposições itinerantes, também são objetos do projeto, a fim de gerar constante atrativo ao público.

Uma área de projeto grande se torna inviável financeiramente e organizacional para a Associação, vista a necessidade constante de manutenção predial e ocupação com muitas oficinas que funcionem ao mesmo tempo. Por isso, a opção por um projeto menor e com salas multiusos se faz mais racional, onde uma mesma sala pode ser organizada para diversas oficinas. Além disso os espaços abertos no entorno do edifício podem ser usados como espaços que ampliam os usos internos, ou de modo independente como praça de reunião para eventos e convivência social.

Essa configuração, além de gerar uma área de passeio público e permanência, é convidativa para o funcionamento interno do projeto. Para configurar ainda mais essa relação, um palco com terra batida e base de adobe projeta-se para além da edificação, e uma parede móvel abre a área de oficinas para o público, podendo ser utilizada para eventos maiores e de grande público, como shows, saraus e palestras.

Para atender a dinâmica de usos, figura 1, a planta possui quatro layouts de funcionamento, que geram multiplicidade muito importante. Através da forma, as paredes radiais são fixas e servem como compartimentação de espaços internos, a relação com o externo e com o interno se dá através de paredes móveis de bambu, que delimitam os acessos e condicionam as relações.



Figura 1. Diagrama de fluxograma do projeto

O programa proposto tem como característica fundamental a polivalência e versatilidade, portanto, a forma da edificação demanda por espaços e sistemas construtivos que possam se adaptar, conforme dinâmica de usos.

4.3. Forma

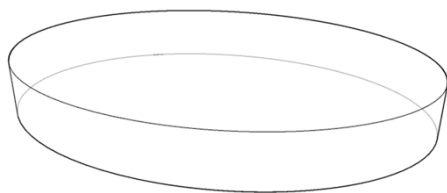
Pelo partido arquitetônico ser temático e não genérico, é importante que a forma converse com a linguagem do projeto, isto não significa que o projeto deve ser uma caricatura do tema. Duarte (2018) explica que Vitruvius “[...] *toma como alicerce três princípios básicos, venustas (beleza), firmitas (solidez) e utilitas (utilitário)*”, e no seu pensamento, a arquitetura

seria o resultado tangível da excelência dessas três qualidades. Portanto uma forma pertinente apoia-se na tríade vitruviana programa lugar e construção (Mahfuz, 2003).

A opção pela forma circular remete a compacidade da forma, assim como da forma adaptada, equilibrada. Representa o equilíbrio entre o passado e o futuro. Da mesma maneira, a forma circular não cria cantos na edificação, fazendo com que ela seja visível de todas as fachadas, e que a partir dos quatro vértices do lote e, por consequência da quadra. Atendendo princípios da visibilidade dos espaços públicos, para melhorar sensação de segurança e fluidez no trânsito de pedestres. A forma circular, também remete a união, a roda de conversas e aos conselhos sociais.

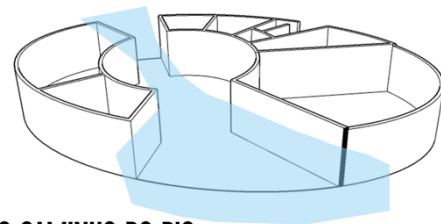
Os fluxos de pedestres foram também importantes no processo de construção da forma, para tanto foi estabelecido um eixo de articulação e circulação, que cria um percurso de ligação entre o rio e o centro da cidade, figura 2. Este eixo articula todas as partes do programa, a partir do vazio central, onde a luz zenital ilumina de forma indireta todos os ambientes.

Assim, conforme a figura 3, o percurso da luz solar também foi determinante no processo de construção da forma e configura o eixo do Sol. A forma da cobertura distribui a iluminação natural de modo constante para todos os ambientes internos, através de um óculo superior que fica sobre o pátio interno, criando um ambiente iluminado e arejado. A configuração formal também proporcionou as visuais em todas as direções do círculo, criando assim visuais que direcionam a compartimentação das salas internas, com aberturas que propiciem, além da possibilidade do visual de dentro para fora, a condução de diferentes pontos de vista de fora para dentro. Nestes espaços foram pensados filtros de luz, intercalando blocos de adobe com pequenas fenestraçãoes, para promover transições suaves entre luz e sombras.



01 KALUNGA QUILOMBO

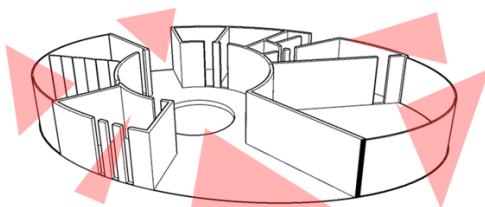
Kalunga, o círculo perfeito, o equilíbrio entre passado e futuro. Olhar para trás e aprender, e olhar para a frente e prever, planejar. A forma parte conceitualmente do Kalunga e do formato tribal das casas africanas vernaculares.



02 O CAMINHO DO RIO

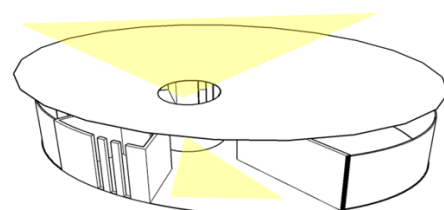
Criar um percurso principal, um rasgo que atravesse o projeto e direcione ao rio, como uma nova recepção aos escravos que chegaram pelo rio, uma nova oportunidade que se estabelece. Receber de forma humana, e que ao mesmo tempo leve a cidade ao rio.

Figura 2. Diagrama de desenvolvimento formal da proposta de projeto: forma compacta e percurso pedestres.



03 O CAMINHO DAS VISUAIS

Gerar aberturas nas paredes que propiciem, além da possibilidade da visual de dentro para fora, a visual também de fora para dentro, através de paredes radiais e paredes móveis, além de conduzir as pessoas por e para dentro da proposta.



03 O CAMINHO DO SOL

Criar uma cobertura que seja um memorial, um resgate à todo conjunto proposto, mas que não seja apenas cobrir, que seja proteger, que seja arejar, que seja identificar. A cobertura em forma côncava, que se abre possibilita que o centro da proposta seja um lugar mental, de filosofia, pensamento e reflexão, um espaço intenso e interior.

Figura 3. Diagrama de desenvolvimento formal da proposta de projeto: visuais e luz natural.

A construção da forma está intrinsecamente relacionada a definição do programa e as oportunidades e desafios dos sistemas construtivos que aplicam o uso da terra, como pode ser observado.

4.4. A terra como sistema construtivo

Os sistemas construtivos aplicados no projeto também devem assimilar às necessidades reais de implantação, além de favorecer o uso e a manutenção, e estar relacionado a memória da comunidade quilombola. Estes precisam representar, na sua forma, cor e textura, as relações e representações com o lugar e a comunidade envolvida. De que forma se pode representar a cultura negra, a cultura quilombola e a relação negra com o viver e com o habitar? A terra como meio de sobrevivência, a terra como relação com as culturas continentais africanas e a terra como material de construção.

Para além do papel simbólico da terra, é preciso lançar um olhar técnico sobre os sistemas construtivos definidos. Diversas técnicas de arquitetura vernácula relacionam-se com a terra como material, citam-se técnicas das tradições culturais, que hoje simbolizam memória, baixo impacto ambiental e atendem as demandas da economicidade. Entre tantas possibilidades para a construção com o uso da terra, pode-se elencar o adobe, a terra ensacada, a taipa de pilão, a taipa de mão e o bloco de solo-cimento. Jimenez e Cañas (2007) expõem que o material construtivo “terra é cada vez mais valorizado como material de construção”. Na mesma linha de material construtivo, Gonçalves e Gomes (2012) destacam que “as técnicas de terra geram hoje interesse, não só no âmbito da conservação do patrimônio e da reabilitação habitacional, mas também da construção moderna”. De modo que é possível criar obras e projetos atuais, com desempenhos que atinjam as necessidades técnicas de desempenho e sustentabilidade com materiais construtivos milenares, atualizados com o passar dos anos, como a terra, por exemplo, e suas diversas aplicações.

A técnica proeminente e original africana, trazida pelos negros escravizados para o Brasil é a taipa de mão, também chamada de pau a pique. Sua prática histórica também deixa claro a influência das práticas e técnicas negras africanas no desenvolvimento do Brasil colonial. A técnica da taipa de mão consiste em preencher uma malha de madeira, varas e cipós entramados com barro em seus vãos, que é colocado e socado, de forma artesanal, compondo a parede. O entramado pode ser também de bambu. Atualmente, a técnica ainda é utilizada, com atualizações nas amarrações, fundações e mescla com outros materiais. Já a taipa de pilão foi criada originalmente na China, pelo povo Longshan, por volta de 2000 a.C. A cidade de Cartago, antigo reino imperial na África do Norte, onde hoje se localiza a Tunísia, notabiliza-se por suas construções com taipa de pilão, ainda preservadas.

A técnica que melhor atendeu às demandas do projeto, conforme processo participação da comunidade envolvida, foi a taipa de pilão, presente na permacultura e nas comunidades vernáculas nos diferentes continentes. Esta técnica está em constante melhoramento e, segundo Neves *et al.* (2011, p.9), “associada a sobrevivência de sistemas construtivos primitivos, mantida pela necessidade de morar das populações de países em desenvolvimento, a terra é alvo de pesquisadores que buscam avançar a tecnologia, através do resgate e conhecimento das técnicas utilizadas no passado e do desenvolvimento de sistemas construtivos inovadores e coerentes, caracterizados pela simplicidade, eficácia e baixo custo”.

A técnica taipa de pilão, com fôrmas metálicas ou de madeira, configura uma atualização do sistema histórico, que é relacionado com o contexto conceitual do projeto, mas que oferece uma técnica construtiva benéfica para o projeto, como: matéria-prima abundante no lugar de implantação do projeto, mitiga o uso de processos industrializados para sua fabricação, minimizando a energia embutida presente no material, um processo construtivo que gera poucos resíduos e com poucas emissões de CO₂. Além deste material apresentar excelente desempenho térmico e acústico.

Por se tratar de uma técnica que parte do uso da terra, a relação entre conceito e material construtivo fica estabelecida para o projeto. O conceito Quilombo Kalunga, no que se refere ao resgate histórico através do uso da terra, valoriza a importância desse material para a constituição da comunidade negra no Brasil, e, em especial, para a comunidade de descendência quilombola da cidade de Montenegro, visto a relação dos povos originários com as construções em terra e coloca a técnica nos dias atuais, em um projeto novo, com todas as atualizações que o sistema construtivo recebeu ao longo dos anos, usando assim, a taipa de pilão. Sobre o conceito, ainda, é possível relacionar a possibilidade da participação comunitária durante a construção do projeto, pela configuração do material e técnica escolhidos, relacionando com o intuito de gerar a interação social para a comunidade negra local. As construções com taipa de pilão permitem que a comunidade participe em vários processos: extração da terra, transporte do material e preenchimento dos taipais com terra, por exemplo. Um processo de aprendizagem na ação.

4.4. Construção

A fundação é feita através de vigas de baldrame em concreto armado, definidas pela posição das paredes. Inicialmente como forma de reforçar a parte inferior das paredes, pensou-se em uma base de blocos cerâmicos com aproximadamente 90 centímetros de altura, formando um parapeito embutido na parede. Porém a resistência dos blocos cerâmicos aos impactos da compactação de terra nos taipais não garante a sua integridade. Dessa forma, para evitar o acúmulo de água junto à base da parede, é utilizada uma canaleta de escoamento no piso externo, em todo o entorno das paredes externas. Essa canaleta é um recorte no próprio piso e é preenchida com brita zero.

As paredes são feitas com taipa de pilão. Segundo Quijano (2019) “a técnica do uso da taipa de pilão caracteriza-se por ser uma edificação em que o solo é o principal material da obra. Importante para fazer uma construção com terra, o solo deve ser estabilizado com materiais aglomerantes ou por meio de esforços físicos” que no caso do projeto, envolvem tanto a mistura de materiais quanto a compactação mecânica. Minke (2001) cita que "solo" é o material "terra" antes de ser revirado e destorroado e cita "barro" como a terra úmida ou umedecida. Já Prompt (2012) opta por denominar “terra” o material utilizado como matéria-prima construtiva, segundo ela "este é o termo mais comumente utilizado no meio científico".

Para executar as paredes, as fôrmas são posicionadas de acordo com o projeto de planta baixa e são preenchidas com uma primeira camada de mistura de terra, que é posteriormente compactada, e assim sucessivamente são criadas várias camadas compactadas, visíveis após a retirada das fôrmas. A configuração da mistura de terra é essencial para um melhor desempenho do material, executada na taipa de pilão com terra, água e, possivelmente aglomerante. A areia pode ser adicionada ao solo para a sua correção granulométrica, principalmente se o mesmo contiver muita argila. Segundo Rezende (2012), é importante que se verifique pelo prazo de duas semanas, diariamente, o surgimento de fissuras nas paredes, e após este período, semanalmente, até completar o período de três meses, para assim eventuais reconstituições da parede de taipa de pilão.

O sistema estrutural da cobertura é composto por peças de madeira e troncos de eucalipto, que constituem o restante da estrutura e sustentam o telhado. O telhado previsto é de telhas metálicas, fixadas nas treliças de madeira apoiadas diretamente na taipa. A cobertura configura um volume em cone inverso, com o óculo no centro da proposta. Assim, a cobertura desloca as telhas do forro e teto interno da edificação, criando uma área de circulação constante de ar sob o telhado.

Os sistemas de aberturas, proteções solares, forro e divisórias leves são de bambu tratado, material de baixo peso próprio, que representa baixo custo, alta durabilidade e resistência estrutural. Além disso, este material é abundante no local e também um ótimo sistema para implementação de processos de aprendizagem na ação, com aplicação de tecnologias sociais.

Os pisos internos remetem a ideia do contato direto com o solo. Para as salas internas foi proposto o uso de blocos cerâmicos, configurando desenhos, conforme linhas radiais e concêntricas. No vazio central há um rebaixo com base de solo batido, criando um desnível sob o óculo aberto da cobertura.

Assim, o processo de construção está pautado nos processos de auto-construção assistida, com foco na aprendizagem na ação, na criação de tecnologias sociais e na economia de meios (figura 4).



Figura 4. Visão geral da conexão do projeto com a Rua do Cais (rua Álvaro de Moraes) e com o Rio Caí.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O processo de desenvolvimento do projeto e pesquisas no banco de dados de trabalhos acadêmicos realizadas deixaram evidentes a carência de pesquisas de conclusão de curso de Arquitetura e Urbanismo, que envolvam temas ligados à cultura negra e que ofereçam soluções tanto para problemas sociais quanto para representatividade negra. Ao mesmo tempo, foram identificados poucos trabalhos que aplicam o uso da terra como sistema construtivo. No semestre de apresentação do trabalho em questão, entre 101 trabalhos apresentados, apenas dois faziam uso da terra como material e igualmente dois faziam referência a temas relacionados à população negra, como público-alvo.

Em todas as etapas de avaliação e apresentação interna, observou-se pouco conhecimento por parte dos avaliadores sobre o tema abordado, ainda há pouca expressão de trabalhos com este tema nos concursos de trabalhos de conclusão de curso de arquitetura e urbanismo no contexto brasileiro, corroborando o debate sobre a baixa representatividade negra no ensino superior.

Em geral os expectadores do projeto também desconheciam as técnicas de construção com terra como técnicas atuais e sustentáveis, gerando muitas vezes o descrédito estrutural, que após a apresentação oral e das pranchas, representavam surpresa e interesse. Percebe-se também que a arquitetura vernácula gera curiosidade em trabalhos elaborados e de propostas não residenciais, comumente atreladas ao processo artesanal das técnicas que envolvem solo. Despertando também o debate sobre a falta de estímulo acadêmico, como um todo, sobre processos construtivos pautados na realidade sócio-econômico do Brasil.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante todo o desenvolvimento do processo, os desafios mais expressivos apresentados transitam entre atender os anseios da comunidade envolvida, e da aplicação de sistemas construtivos não convencionais como solução projetual para o desenvolvimento de trabalhos de conclusão de curso de Arquitetura e Urbanismo. Sendo que o principal desafio foi de demonstrar esta realidade para a sociedade local, envolvendo todos os agentes e atores públicos relacionados. Observa-se que é de suma relevância a criação de espaços apropriados a cultura negra local. Considerando que o projeto proposto não possui público exclusivo, é interessante essa resistência ao tema, evidenciada na forma dos *feedbacks* das bancas avaliadoras, bem como no contexto das exposições da qual o projeto foi disponibilizado.

Diante do exposto, os sistemas construtivos com o uso da terra pertinentes à concepção formal e ao programa proposto são relevantes para estabelecer vínculos com a cultura negra e desmistificar os valores construtivos da aplicação deste material em trabalhos de conclusão de curso de Arquitetura e Urbanismo. Destaca-se também que a utilização da terra como solução construtiva expressa uma relação às tradições vernáculas de algumas comunidades vernáculas brasileiras, descrito geralmente como clara conexão com os povos africanos e algumas vezes com os povos indígenas. Sob a ótica dos integrantes da Comunidade Quilombola, fica ainda mais evidente o empoderamento de ter uma área, um espaço representativo, esboçado em curiosidade por este material, tão marcante para a questão histórica, e em como esteve presente nas antigas aldeias e quilombos, hoje ainda pouco explorada.

Do ponto de vista da Associação Floresta Montenegrina, após a finalização da proposta de projeto, o projeto foi exposto também aos integrantes do corpo diretivo, em forma virtual, devido à evolução, na época, da pandemia de covid-19. Muito bem recebido, até pela participação da Associação no desenvolvimento, o projeto gerou uma nova perspectiva de organização financeira e de propósito para os integrantes. No contexto inclusive da pandemia, a atividade social para angariar fundos da Associação teve uma queda bastante expressiva, sem a possibilidade de alugar o espaço da atual sede para eventos e com a quantidade de associados inadimplentes crescente.

Após o recebimento e exposição interno do projeto, a Associação Floresta Montenegrina desenvolveu uma lista de possibilidades de aporte financeiro, para, pelo menos, transformar a atual sede. E através de fundos relativos à Lei Aldir Blanc, em dezembro de 2020, a Associação assegurou junto à prefeitura, o recurso de R\$ 10.000,00 para ser utilizado em reformas na sede. O projeto ainda gerou certa euforia na comunidade próxima, que garantiu mão de obra voluntária para as reformas estipuladas em análise por equipe de engenharia da prefeitura municipal.

Concluindo, indica-se a necessidade de maior exploração acadêmica do tema cultural negro e da arquitetura vernácula, especialmente com o uso das técnicas de terra, para que essa exploração gere posteriormente maior debate profissional sobre o assunto, de forma a alavancar técnicas que empoderem a população brasileira em si, além da população negra em específico. O desenvolvimento do projeto foi importante para a visibilidade dos sistemas construtivos com o uso da terra e da comunidade negra e sua cultura, tanto no meio acadêmico, como no município onde se encontra a Associação, causando comoção e novas interações comunitárias a partir da sua exposição.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Assumpção, Jorge Euzébio (2013). Pelotas: escravidão e charqueadas 1780-1888. Porto Alegre: FCM Editora.

Duarte, Matheus (2018). Beleza e arquitetura em Vitruvius. Rio do Sul. Disponível em <<https://medium.com/mateusduarte>>

Edelweiss, Roberta K.; Garzon Maurício Ricardo Cabas (2016). A resignificação do espaço público

de Porto Alegre a partir da apropriação efêmera da cidade. Revista online do Departamento de Arquitetura e Urbanismo da Pontifícia Universidade Católica, Rio de Janeiro, Brasil: PUC-Rio

Gonçalves, Teresa D.; Gomes, Maria. I. (2012). Construção de terra crua: potencialidades e questões em aberto. Jornadas LNEC: engenharia para a sociedade, investigação e inovação, cidades e desenvolvimento. Lisboa, Portugal.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010). Censo demográfico do Brasil. Rio de Janeiro: IBGE.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2018). Sistema de Informações e Indicadores Culturais 2007-2018. Rio de Janeiro.

Jimenez Delgado, M. C.; Cañas Guerrero, I. (2007). The selection of soils for unstabilised earth building: A normative review. Construction and building materials. p. 237-251

Lei Complementar Municipal Nº 4.759 (2007). Reestrutura o Plano Diretor de Desenvolvimento do Município de Montenegro, Montenegro, RS.

Lei Federal do Brasil Nº 10639 (2003). Lei de Diretrizes e Bases da Educação que inclui no currículo oficial da Rede de Ensino a obrigatoriedade da presença da temática "História e Cultura Afro-Brasileira e Africana". Brasília, DF.

Mahfuz, Edson (2003). Reflexões sobre a construção da forma pertinente. Disponível em: <<http://projedata.grupoprojetar.ct.ufrn.br/dspace/bitstream/handle/123456789/167/MR14.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>

Mahfuz, Edson (2013). Arquitetura para uso diário. Projetar, 6. Salvador. Disponível em: <http://projedata.grupoprojetar.ct.ufrn.br/dspace/bitstream/handle/123456789/806/CE05.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Minke, Gernot (2001). Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra. Forschungslabor für Experimentelles Bauen Universidad de Kassel, Alemanha.

Neves, Célia; Faria, Obede Borges (org.) (2011). Técnicas de construção com terra. PROTERRA. Disponível em <http://www.redproterra.org>

O'Dwyer, Eliane Cantarino (2002). Quilombos: identidade étnica e territorialidade. Rio de Janeiro: FGV.

Prompt, Cecília Heidrich (2012). Arquitetura de terra em unidades agrícolas familiares: estudo de caso no oeste catarinense. p. 39 (Dissertação). PósArq, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis/SC.

Quijano, Marina (2019). Taipa de pilão em construções modernas. Porto Alegre. Disponível em <<https://www.ejeciv.com.br/post/2019/06/27/Taipa-de-Pil%C3%A3o-em-constru%C3%A7%C3%B5es-Modernas>>.

Rezende, Marco Antonio Penido de (2012). Taipa de pilão histórica: roteiro para reconstituição. Arquiteturarevista Volume 8, Nº 2. São Leopoldo, Brasil: UNISINOS/RS

Séguin, Elida. (2002). Minorias e grupos vulneráveis: uma abordagem jurídica. Rio de Janeiro: Forense.

Wahl, Daniel Christian (2020). Design de culturas regenerativas. Bambual Editora Ltda.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a participação da comunidade ligada à Associação Floresta Montenegrina durante o processo de desenvolvimento do projeto, de grande fortalecimento de vínculos afetivos dos autores com a sociedade local e também aos colegas e companheiros de desenvolvimento do Trabalho de Conclusão do curso, importantes durante os processos de debate para a idealização formal e de partido arquitetônico. Agradece também à secretaria de Planejamento Urbano da cidade de Montenegro, no Rio Grande do Sul, pela disponibilização de arquivos.

AUTORES

Thomaz Amaral Grudginski, arquiteto e urbanista formado na Unisinos (2020), integrante do corpo técnico de avaliação para projeto de engenharia e materiais da Mostratec/Novo Hamburgo desde 2012, eletrotécnico formado pela Fundação Liberato de Novo Hamburgo/RS (2011). Desde 2020 é socio diretor da tag.arq, escritório de arquitetura na cidade de Canoas/RS.

Patricia de Freitas Nerbas, arquiteta e urbanista formada na Unisinos (2000), mestra em Engenharia Civil pela UFRGS/NORIE (2006), doutora no PROPAR/UFRGS, onde investiga soluções baseadas na natureza para o desenvolvimento de projetos para cidades mais saudáveis. Atua desde 2006 na SOLS – Soluções + Saudáveis em Arquitetura e Urbanismo. Consultora na área de projetos sociais e ambientais, iniciativa pública e privada.



SITUACIÓN ACTUAL DE LA CONSTRUCCIÓN CON TIERRA EN GUATEMALA BASADA EN EL CENSO NACIONAL 2018

Edgar Virgilio Ayala Zapata¹; Francisco Javier Quiñónez de la Cruz²; Saulo Moisés Méndez Garza³

Centro de Investigaciones de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala
¹virgilioayala@yahoo.com; ³mendezgarza@yahoo.com

² Unidad de investigación, Escuela de ingeniería Civil, Universidad de San Carlos de Guatemala,
 javierquinonez@yahoo.es

Palabras clave: cultura, riesgo de desastres, sostenible, migración, patrimonio

Resumen

En este trabajo se analiza la situación actual de la vivienda construida con cerramiento de adobe y bajareque en Guatemala, con base en los datos del Censo de 2018. Luego de obtenidos los datos del censo, se extrajo y se analizó una muestra representativa, de la cual se obtuvo la cantidad de 435.227 viviendas de adobe y bajareque, que pertenecen a los 62 municipios seleccionados, y que representan más del 70% de las viviendas que existen a nivel nacional, construidas con los dos sistemas constructivos. En esas viviendas, habita más del 40% de toda la población guatemalteca, con diversidad de comunidades lingüísticas mayas. Se analizan categorías cualitativas sobre la habitabilidad. Además de las viviendas de adobe y bajareque, se identificaron los materiales para el piso de las mismas en los municipios seleccionados. Se estableció la relación que existe entre las regiones, el número de viviendas construidas con cerramiento con adobe y bajareque, las cantidades de viviendas construidas con pisos de tierra, el pueblo de pertenencia y la comunidad lingüística maya, así como el número de sus habitantes. Se determinó la relación existente entre las viviendas construidas con cerramiento de adobe y bajareque y la cultura, el riesgo de desastres, la migración, la tipología, los materiales, sistemas constructivos, los servicios básicos y el cambio climático y sostenibilidad. Los pisos con tierra utilizados en las viviendas son muy diversos. La población, que habita en las viviendas donde predominan culturas diferentes, contribuye con una diversidad de concepciones de vida.

1 INTRODUCCIÓN

En este trabajo de investigación, los objetivos se plantearon para conocer y analizar la situación actual de la vivienda construida con cerramiento de adobe, bajareque, y con piso de tierra en Guatemala, basado en los datos obtenidos del Censo de 2018, mediante una selección de municipios y un análisis de categorías cualitativas sobre la habitabilidad.

Guatemala es un país con una población de 14.901.286 habitantes y múltiples culturas. El Instituto Nacional de Estadística (INE, 2019), en el Censo de 2018, menciona los pueblos de pertenencia: Maya (41.7%), Garífuna (0.1%), Xinka (1.8%), Ladino (56.0%), Afrodescendiente/Creole/Fromestizo (0.2%), y extranjero (0.2%). Así mismo, se identifican 22 comunidades lingüísticas mayas¹.

La división administrativa de Guatemala está comprendida en 8 regiones, 22 departamentos y 340 municipios. En los municipios, donde predomina la comunidad lingüística maya, se observa la existencia de una cosmovisión propia de su identidad cultural. La concepción de la vivienda ha cambiado en el tiempo; en otra época, la construcción de vivienda era una tarea colectiva de miembros de la comunidad, con criterio de apoyo mutuo. Así mismo, la tierra es denominada Madre Tierra, a la cual debe respetarse y solicitarle permiso para su

¹ achi, akateka, awakateka, ch'orti', chalchiteka, chuj, itza', ixil, jakalteco/popti', k'iche', kaqchikel, mam, mopan, poqomam, pokomchi', q'anjobal', q'eqchi', sakapulteka, sipakapense, tektiteka, tz'utujil, uspanteka

uso o aplicación en la construcción de la vivienda. En la actualidad, se ha predominado la capacidad económica del habitante.

Un aspecto particular de las viviendas en zonas donde existe el insecto conocido como chinche picuda (*Triatoma infestans*), que produce la enfermedad de Chagas, es que se requiere de un mantenimiento adecuado para evitar que este se aloje en las paredes y pisos. Según Chávez (2015), los departamentos endémicos para Chagas, son: Jutiapa (31.6%), El Petén (5.3%), Zacapa (4.2%), Chiquimula (3.7%); con un 1.6% o menos son: Santa Rosa, Baja Verapaz, Alta Verapaz, Izabal, Huehuetenango, Jalapa, Quiché y El Progreso. El departamento de Guatemala no es endémico, pero notificó el 47% (89/190) del total de casos, esto puede deberse por la capacidad de resolución en cuanto a diagnóstico y tratamiento. Ocho departamentos reportaron mortalidad para un total de 22 fallecidos por Chagas, en el grupo masculino se reportó el 59% (13/22) de los casos fallecidos.

Otro factor que afecta las viviendas con tierra, es el efecto de la migración de guatemaltecos que van a trabajar a Estados Unidos, ya que adquieren costumbres diferentes, su estilo de vida puede cambiar significativamente, adquiriendo nuevas tradiciones familiares, lo cual es manifiesto en la transición hacia las construcciones de sus viviendas al utilizar blocks, acero y concreto en su lugar de origen.

Según Castillo (2019), la migración aumentó fuertemente desde 1995 al 2010, de 400.000 a 1.600.000 guatemaltecos aproximadamente, que en su mayoría emigraron hacia los Estados Unidos de América.

2 OBJETIVOS

Conocer y analizar la situación actual de la vivienda construida con cerramientos de adobe y de bajareque, y con piso de tierra, tomando en cuenta la comunidad lingüística, basado en los datos obtenidos en el Censo de 2018, mediante una selección de municipios y un análisis de categorías cualitativas sobre la habitabilidad: la cultura, la migración, el riesgo de desastres, los tipos de materiales, sistemas constructivos, los servicios básicos, el cambio climático y la sostenibilidad.

3 METODOLOGIA

Se analizaron los datos del XII Censo Nacional de Población y VII de Vivienda del 2018, publicados a finales del 2019 (INE, 2019), de los cuales se priorizaron los datos correspondientes a las viviendas de adobe y bajareque, además del material predominante en el piso, y la población por comunidad lingüística.

Se estimó una muestra aleatoria, de la cual se obtuvo 62 municipios del total de 340, los cuales tienen 2.918 viviendas de adobe y bajareque o más. Este es el promedio de la cantidad total de viviendas, eliminando los municipios con menos de 50 viviendas particulares por material predominante, en las paredes exteriores. Se realizó un análisis estadístico, los resultados se muestran en gráficas, de las cuales se obtuvieron conclusiones. Se procedió a la recopilación de información de campo, de forma visual y verbal, reforzada con fotos y videos. En las comunidades visitadas se analizaron las viviendas, y se establecieron las categorías cualitativas sobre la habitabilidad.

3.1 Adobe y bajareque

El censo realizado en el año 2018, fue a nivel nacional. Se analizaron los resultados del censo que demostraran una significativa existencia de unidades habitacionales de adobe y de bajareque.

3.2 Pisos de tierra

Se identificaron los materiales para el piso en los municipios seleccionados, priorizando la tierra, ya que este material es la predominancia en la investigación.

Es de mencionar que, para el caso de la tierra en el piso, la tendencia corresponde a pisos sin tratamiento, donde han sido compactados únicamente por las personas que transitan sobre él, sin que se haya realizado un trabajo de preparación específico de la base.

3.3 Relación entre la construcción con tierra, las regiones y las comunidades lingüísticas

Se estableció la relación que existe entre las regiones, el número de viviendas construidas con cerramiento de adobe y de bajareque, con pisos de tierra y la comunidad lingüística predominante en la región. Los municipios y departamentos son organizados en la región que les corresponde (figura 1).

3.4 Categorización cualitativa sobre la habitabilidad

Se determinó la relación existente entre las viviendas con cerramiento de adobe y de bajareque, la cultura, el riesgo de desastres, la migración, la tipología, los materiales, sistemas constructivos, los servicios básicos, el cambio climático y la sostenibilidad.

4 RESULTADOS

Se obtuvieron los datos de los 62 municipios que son el objeto de la investigación, en los cuales hay 2.918 o más viviendas con cerramiento de adobe y de bajareque a nivel nacional. Según el censo, hay 435.227 viviendas con cerramiento de adobe, es decir, el 72.0% del total nacional de 604.600 viviendas construidas con este material. En los municipios seleccionados hay 13.587 viviendas con cerramiento de bajareque, es decir, el 27.6% del total nacional de 49.197 viviendas construidas con este material. Así mismo, hay 265.108 viviendas con pisos de tierra, es decir, el 30.9%, del total nacional de 843.958 viviendas con este tipo de piso.

En la tabla 1, se muestra las cantidades de viviendas construidas con cerramiento de adobe, de bajareque y piso de tierra, en los municipios seleccionados.

Tabla 1. Municipios con número de viviendas construidas con adobe, bajareque y piso de tierra (INE, 2019. Censo del 2018, Cuadros C2.2 y C3.2)

No.	Departamento/Municipio	Material de cerramiento		Piso de tierra
		Adobe	Bajareque	
	Total nacional	604 600	49 197	843 958
Guatemala (Metropolitana)				
1	Guatemala	8959	47	6129
Chimaltenango (Central)				
2	San Juan Comalapa	2998	2	2925
Santa Rosa (Suroriente)				
3	Casillas	4736	2	1230
4	Nueva Santa Rosa	4090	16	2095
Sololá (Suroccidente)				
5	Sololá	7571	1	3033
6	Nahualá	4095	5	5692
Totonicapán (Suroccidente)				
7	Totonicapán	13150	2	5353
8	San Cristóbal Totonicapán	4423	-	2204
9	San Francisco el Alto	3899	2	4204
10	Momostenango	14447	36	8771

11	Santa María Chiquimula	10321	-	6128
12	Santa Lucía La Reforma	4518	1	2204
Quetzaltenango (Suroccidente)				
13	Quetzaltenango	4348	2	1477
14	San Carlos Sija	3574	1	760
San Marcos (Suroriente)				
15	Comitancillo	11069	29	7191
16	San Miguel Ixtahuacán	9802	24	4724
17	Concepción Tutuapa	14851	34	8250
18	Tacaná	8757	2	6884
19	Tejutla	6609	2	2999
20	San José Ojetenam	3644	-	1506
21	Sipacapa	4511	1	2192
Huehuetenango (Noroccidente)				
22	Huehuetenango	9073	-	1459
23	Chiantla	9389	14	6403
24	Malacatancito	3063	1	1007
25	Cuilco	10202	8	4465
26	San Pedro Necta	5644	4	4431
27	San Ildefonso Ixtahuacán	7151	20	4431
28	Santa Bárbara	7422	11	4304
29	La Libertad	3873	6	2623
30	La Democracia	4953	7	3618
31	Todosantos Cuchumatanes	2943	8	2370
32	San Juan Atitán	3968	-	2330
33	San Mateo Ixtatán	2928	26	3935
34	Colotenango	5140	1	4248
35	San Sebastián Huehuetenango	5870	10	3699
36	Aguacatán	6445	8	4510
El Quiché (Noroccidente)				
37	Santa Cruz del Quiché	12475	2	6460
38	Chiché	4792	6	3022
39	Zacualpa	4948	1	2256
40	Santo Tomas Chichicastenango	18559	6	10481
41	San Antonio Ilotenango	4239	-	1627
42	San Pedro Jocopilas	5740	-	3089
43	Cunén	4436	19	3750
44	Joyabaj	10731	20	6009
45	San Andrés Sajcabajá	6133	-	2639
46	Sacapulas	8561	6	4059

Baja Verapaz (Norte)				
47	Salamá	6087	32	3666
48	San Miguel Chicaj	5424	213	2135
49	Rabinal	6734	29	2606
50	Cubulco	11340	265	6457
Zacapa (Nororient)				
51	La Unión	4289	1080	4300
Chiquimula (Nororient)				
52	Chiquimula	6906	3523	6539
53	Jocotán	4774	4075	9171
54	Esquipulas	5444	374	2837
55	Quezaltepeque	4387	648	2048
Jalapa (Surorient)				
56	Jalapa	20335	72	15686
57	San Pedro Pinula	10476	772	8140
58	San Carlos Alzatate	3355	16	2404
59	Mataquesuintla	5697	3	3669
Jutiapa (Surorient)				
60	Jutiapa	15050	587	8905
61	Comapa	2918	1486	2300
62	Quezada	2961	10	1069

En la mayoría de los municipios, predomina el adobe ante el bajareque, debido al conocimiento técnico constructivo de los habitantes. La amenaza sísmica existe en todos los municipios seleccionados. En pocos municipios existen reglamentos de construcción, que pueden ser aplicados a las viviendas con adobe y bajareque.

En la figura 1, se muestra la división administrativa de la República de Guatemala por departamentos y regiones. En la región de El Petén (color corinto) se encuentra el departamento de El Petén; en la región Nor-occidente (color verde) se encuentran los departamentos de Huehuetenango y El Quiché; en la región del Norte (color rojo) se encuentran los departamentos de Alta Verapaz y Baja Verapaz; en la región Nor-oriente (color amarillo) se encuentran los departamentos de Izabal, Zacapa, El Progreso y Chiquimula; en la región suroccidente (color rosado) se encuentran los departamentos de San Marcos, Retalhuleu, Quetzaltenango, Totonicapán, Sololá y Suchitepéquez; en la región central (color celeste) se encuentran los departamentos de Escuintla, Sacatepéquez y Chimaltenango; en la región metropolitana (color azul) se encuentra el departamento de Guatemala y, en la región surorient (color naranja) se encuentran los departamentos de Jutiapa, Santa Rosa y Jalapa.

En Guatemala, es muy importante considerar la diversidad de comunidades lingüísticas mayas, ya que la multiculturalidad e interculturalidad son aspectos fundamentales relacionados con la habitabilidad de las viviendas. En la tabla 2, se presentan las regiones y departamentos con los números de viviendas construidas con cerramientos de adobe, de bajareque y con pisos de tierra, así como el pueblo de pertenencia a la comunidad lingüística maya predominante y la cantidad de habitantes.

En la figura 2, se muestran los resultados de las viviendas con cerramiento de adobe, en relación al número y porcentaje por regiones².



Figura 1. Mapa de la República de Guatemala dividido por departamentos y regiones.

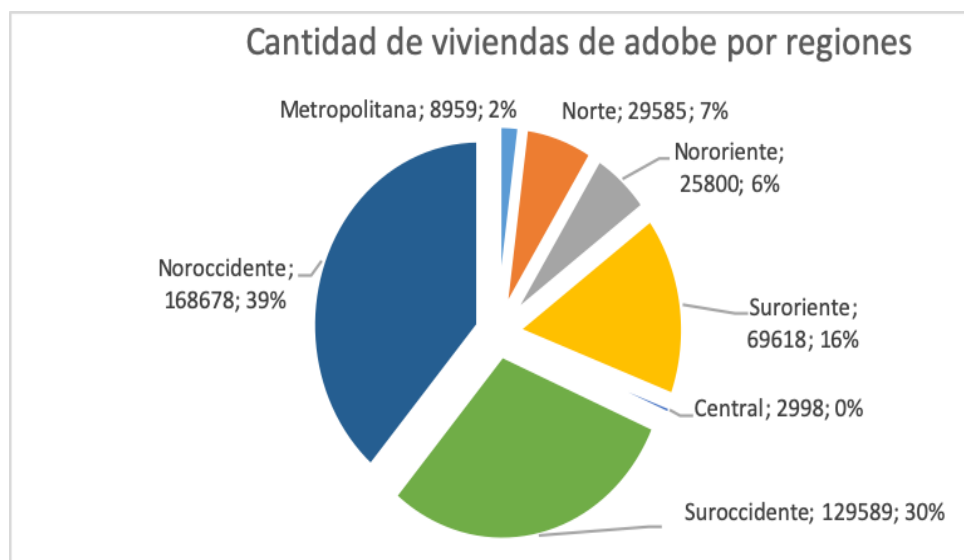


Figura 2. Número y porcentaje de viviendas con cerramiento de adobe por regiones (INE, 2019)

² No se consideró el departamento de El Petén, porque, según el censo 2018, hay 1164 viviendas con adobe y 493 viviendas con bajareque. Son cantidades poco significativas, y menores de 2918 viviendas con adobe, cantidad que fue considerada como la mínima para incluir un municipio

Tabla 2. Regiones y departamentos con número de viviendas con cerramiento de adobe, de bajareque, pisos de tierra, pueblo de pertenencia o comunidad lingüística maya predominante y cantidad de habitantes.

(INE, 2019. Censo del 2018, Cuadros Cuadro C2.1, C3.1, A5.1 y A6.1)

Región	Departamentos	Cantidad de viviendas en los municipios seleccionados / cantidad en el departamento			Pueblo de pertenencia o comunidad lingüística maya predominante	
		Viviendas de adobe	Viviendas de bajareque	Viviendas con pisos de tierra	Pueblo o comunidad	Cantidad de habitantes
Metropolitana	Guatemala	8 959/ 19 386	47/ 293	6 129/ 49 005	Ladina	2 578 135
					Maya	402 376
Norte	Baja Verapaz	29 585/ 35 467	539/ 715	14 864/ 24 802	Achí	121 340
Nororiente	Zacapa	4 289/ 9 809	1 080/ 10 731	4 300/ 12 119	Ladina	30 789
	Chiquimula	21 511/ 33 185	8 620/ 21 133	20 595/ 36 490	Ladina	301 454
Suroriente	Santa Rosa	8 826/ 18 174	18/ 787	3 325/ 22 607	Ladina	28 596
					Xinka	31 142
	Jalapa	39863/ 44 732	863/ 1 505	29 899/ 33 490	Ladina	207 497
					Xinka	108 529
	Jutiapa	20 929/ 40 456	2 083/ 3 971	12 274/ 27 788	Ladina	386 335
					Xinka	94 306
Central	Chimaltenango	2 998/ 12 055	2/ 2227	2 925/ 22 166	Kakchiquel	46 752
Suroccidente	Sololá	11 666/ 19 860	6/ 322	8 725/ 16 226	K'iche'	180 488
					Kakchiquel	158 341
	Totonicapán	50 758/ 54 683	41/ 42	28 864/ 31 541	K'iche'	371 923
	Quetzaltenango	7 992/ 21 464	3/ 136	2 237/ 21 182	Ladina	112 468
					K'iche'	90 119
San Marcos	59 243/ 68 768	92/ 581	33 746/ 63 565	Mam	294 097	
Noroccidente	Huehuetenango	88 064/ 115 441	124/ 309	53 833/ 91 744	Mam	316 592
	Quiché	80 614/ 96 793	60/ 743	43 392/ 85 786	K'iche'	570 985
Total del área en investigación		435 227/ 590 273	13 587/ 43 495	265 108/ 538 511		6 432 264

En la figura 3, se muestran los resultados de las viviendas con piso de tierra, en relación al número y porcentaje por regiones; en la figura 4, se presenta la distribución numérica y porcentual de los habitantes por pueblo de pertenencia; y, en la figura 5, se presenta la cantidad de habitantes por comunidad lingüística maya.

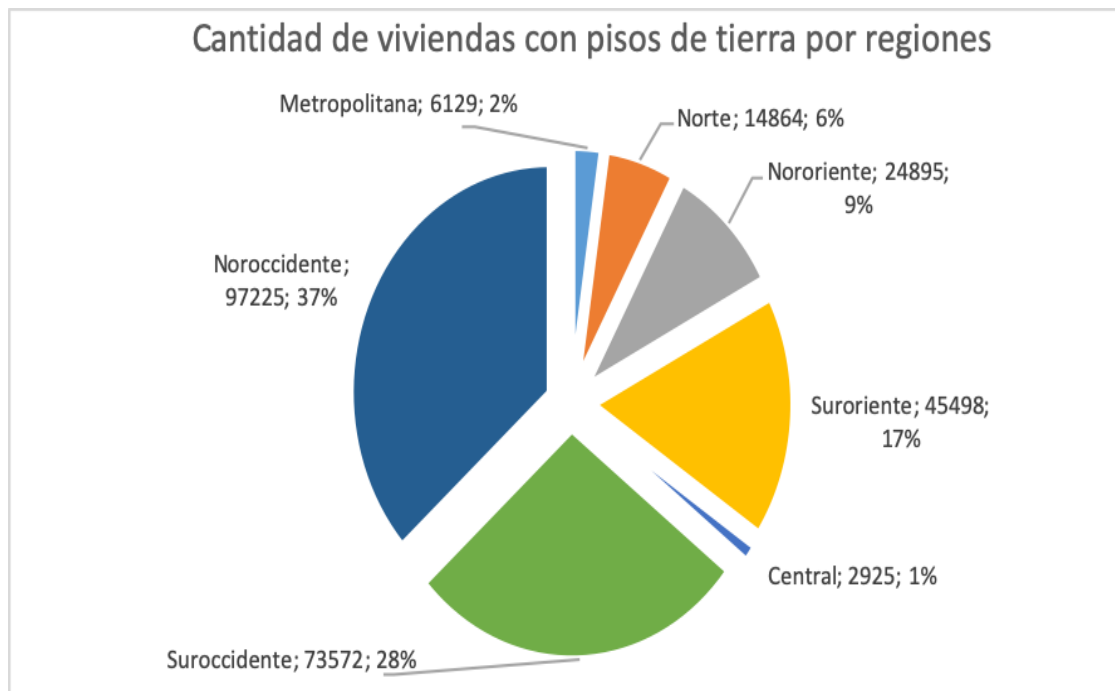


Figura 3. Número y porcentaje de viviendas con piso de tierra por regiones (INE, 2019)

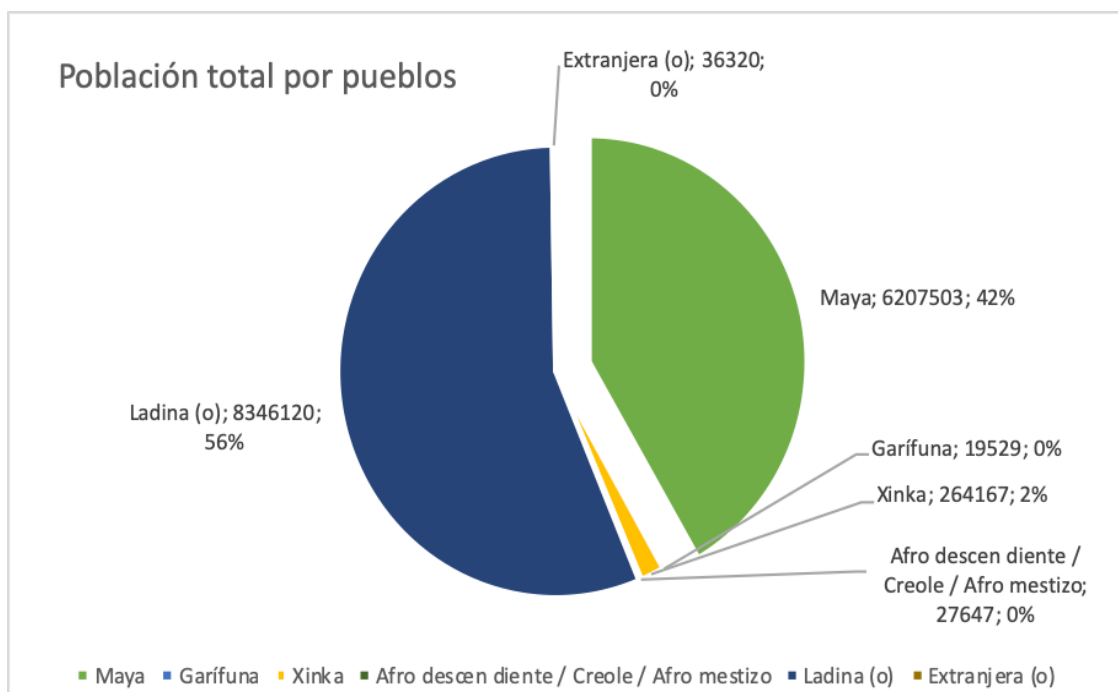


Figura 4. Número de habitantes por pueblo de pertenencia (INE, 2019).

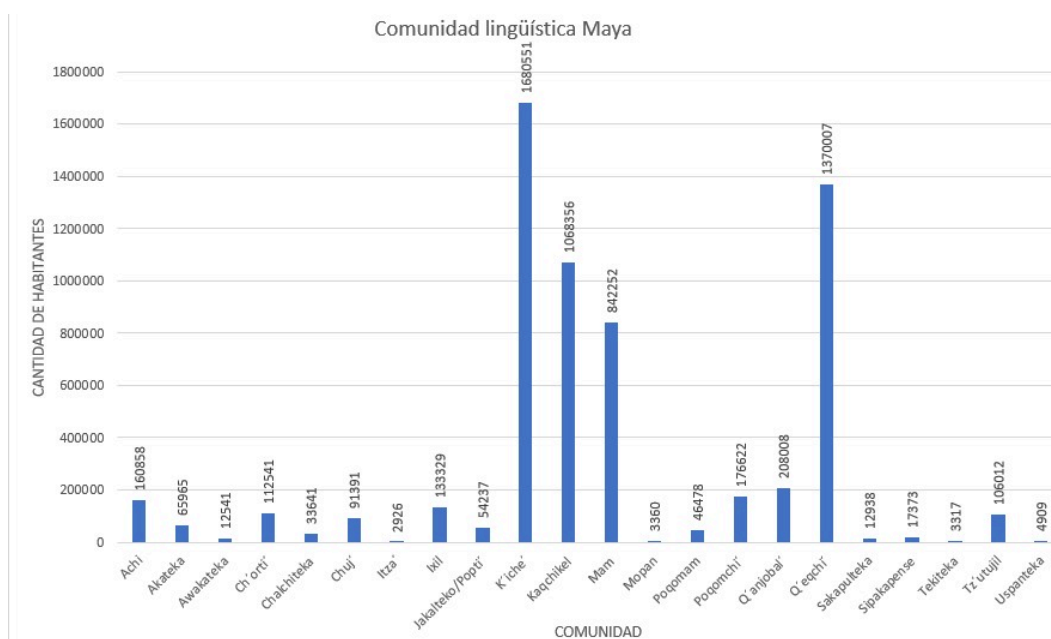


Figura 5. Cantidad de habitantes por comunidad lingüística Maya (INE, 2019).

5 ANÁLISIS DE LOS DATOS Y CATEGORIZACIÓN CUALITATIVA SOBRE LA HABITABILIDAD

5.1 Datos del censo

En el Censo 2018, los datos analizados corresponden a las características generales de la vivienda. Esas características se encuentran reportadas en cuadros que se publicaron con los resultados del censo, así, por ejemplo, en el Cuadro C2.2 -Viviendas particulares por material predominante en las paredes exteriores, según municipio. En el Cuadro C3.2 -Viviendas particulares por material predominante en el piso, según municipio. Las Características Generales de la población se encuentran en el Cuadro A5.2 -Población total por pueblos, según municipio, y en el Cuadro A6.2 – Población maya por comunidad lingüística, según municipio.

Los datos muestran una mayor cantidad de viviendas en la región occidental, tanto noroccidente como suroccidente del país, región en la cual hay una elevada concentración de habitantes, predominantemente del pueblo ladino y comunidades lingüísticas mayas, tanto K'iche', Mam y Kakchiquel.

La cantidad de viviendas de adobe es mayor a la de bajareque, específicamente en clima templado o frío, correspondiente a las regiones del centro y occidente. Existen varios municipios ubicados en las regiones del oriente del país, donde se encuentra una cantidad elevada de viviendas con cerramiento de bahareque, en donde el clima cálido es predominante.

5.2 Categorización cualitativa sobre la habitabilidad

La categorización cualitativa sobre la habitabilidad se realiza como producto de la observación, interacción con pobladores y constructores de las viviendas, generada durante las visitas a las comunidades.

La información recopilada en el campo, es provista por líderes comunitarios y habitantes de las viviendas, quienes tienen experiencias locales, viven y conocen la comunidad, aportan conocimientos específicos, orientados hacia profundizar en la sostenibilidad habitacional de las viviendas de adobe y de bajareque. Los parámetros establecidos y analizados permiten conocer mejor la dinámica existente entre la vivienda particular y la comunidad. Así mismo,

se incluye el contexto ambiental, que influye en la resiliencia habitacional, sobretudo en las condiciones actuales de pandemia.

Cultura

La cultura de los habitantes tiene estrecha relación de dependencia histórica y familiar en las viviendas, siendo un eje dinámico para el desarrollo sostenible de la comunidad. La cultura local influye significativamente en la construcción de viviendas con materiales locales o nuevos materiales.

El uso del adobe y del bajareque en la cosmovisión Maya, da la significación de transmisión de energía dentro de la vivienda. La multiplicidad de idiomas que se hablan en las diferentes regiones del país, va acompañada de una diversidad cultural, la cual enriquece el panorama.

En lo relativo al patrimonio cultural entre las viviendas censadas, no se encuentran identificadas como tales, las que son patrimonio, estas se localizan prioritariamente en lugares definidos como áreas de patrimonio cultural, tal es el caso de La Antigua Guatemala, Patrimonio de la Humanidad y diversos Centros Históricos en ciudades como Guatemala y Quetzaltenango. En estas ciudades existen normativas institucionales específicas para la conservación de la construcción. Se hace necesario realizar un censo de viviendas construidas con tierra, dentro de centros históricos y otros sitios patrimoniales.

Migración

La migración hacia Estados Unidos ha generado un ingreso de remesas al país, que ha provocado un cambio en el uso de los materiales y sistemas constructivos utilizados en la construcción de viviendas en el área urbana y rural. Los migrantes envían dinero para la construcción de sus viviendas, priorizando materiales que utilizan cemento y productos de la industrialización.

Los migrantes no contribuyen a la situación del déficit habitacional en el país, ya que construyen su vivienda, la cual habitan solamente durante el tiempo de visita anual y, raramente, regresan a vivir permanentemente a su comunidad.

Las viviendas construidas con remesas enviadas por los migrantes, representan miles de horas de trabajo en Estados Unidos. Esas remesas son invertidas en construcción de viviendas de ocupación ocasional; lo cual significa una inversión muy alta en relación con el esfuerzo realizado para alcanzar esos recursos. Como consecuencia, el esfuerzo de trabajo de los migrantes guatemaltecos no está teniendo un impacto significativo en el desarrollo del país. Estas viviendas se construyen a través de la contratación del trabajo individual por constructores, a diferencia de la construcción con adobe y bajareque, la cual conserva un sentido de trabajo colectivo en ciertas comunidades (figura 6).



Figura 6. Impacto de la construcción de vivienda con remesas de migrantes en comunidades que utilizaron recursos locales (adobe y bajareque) anteriormente, con participación comunitaria.

Las condiciones económicas generadas por las remesas de los migrantes, predominan en ciertas regiones del país. Existen familiares cercanos quienes prefieren seguir habitando en las viviendas construidas con cerramiento de adobe y de bajareque, ya sea por condiciones térmicas o culturales.

Riesgo de desastres

En el área urbana, la construcción de nuevas viviendas con adobe y bajareque es limitada, ya que hay tendencia a construir con bloques de concreto liviano de arena pómez, por mejoras en las condiciones económicas para la adquisición de estos materiales, por adecuado comportamiento ante sismos. En el área rural, la construcción en general, tiene una topografía con pendientes pronunciadas naturales.

Los tipos de amenazas que afectan a las viviendas de adobe y bajareque son categorizados como: inundaciones, terremotos, deslizamientos, hundimientos y erupciones volcánicas, principalmente. Se hace necesario el fortalecimiento de la resiliencia en las comunidades, la cual es definida como “la capacidad de un sistema, comunidad o sociedad expuestos a una amenaza para resistir, absorber, adaptarse y recuperarse de sus efectos de manera oportuna y eficaz, lo que incluye la preservación y la restauración de sus estructuras y funciones básicas” (UNISDR, 2009, p.28).

La ubicación de las viviendas nuevas construidas con materiales industriales corresponde a las mismas características de ubicación, que cuando se construyen con adobe y bajareque; se utiliza el mismo terreno, en muchos casos, rodeados de la siembra del maíz.

Es de mencionar que tampoco existe una significativa regulación municipal en la construcción de viviendas con otros materiales, manteniendo el riesgo, en zonas donde se manifiesta de forma periódica la actividad con actividad sísmica.

Tipos, materiales y sistemas constructivos

En relación a los tipos de la vivienda, Rodríguez (2015) menciona que el concepto arquitectónico, ya sea definido por aspectos económicos, sociales, culturales y contextuales del grupo objetivo, no presenta un cambio significativo. Agrega que debe haber “una integración de las necesidades del ser humano, bio-psico-social, (ser saludable para el humano como para la tierra, también teniendo en cuenta las necesidades físicas, mentales y sociales).”

Los tipos de las viviendas se limitan a condiciones particulares actuales de los habitantes. La importancia de las prácticas constructivas ancestrales en las comunidades, ha ido disminuyendo, siendo sustituidas por técnicas que utilizan materiales y sistemas industriales.

Guzmán (2015), menciona que las familias entrevistadas en su investigación, expresan “que su vivienda es construida por los propios padres de familia, quienes realizan su autoconstrucción, no así consultando a un ingeniero o arquitecto, por los escasos recursos económicos que se tienen.” Esta es una situación muy generalizada en el país.

Pocos lugares tienen reglamento de construcción municipal, lo cual constituye un riesgo debido a la falta de recomendaciones técnicas para la edificación de viviendas con cerramiento de adobe y bajareque, en condiciones de sismicidad.

El mantenimiento de las viviendas construidas con cerramiento de adobe y de bajareque, requiere de condiciones particulares para su implementación.

Servicios básicos

Las viviendas de adobe y bajareque que se encuentran ubicadas en zonas urbanas donde existen servicios básicos, tienen condiciones de habitabilidad adecuadas. Es de notar que la cocina, se encuentra tradicionalmente en un ambiente separado. Así mismo, el servicio sanitario está aislado de la vivienda, en un ambiente propio, por lo que requiere de

instalaciones específicas de agua y drenaje. En general, se utiliza una pila para la limpieza de la ropa y lo utilizado para la alimentación.

Cambio climático y sostenibilidad

Las regiones con viviendas con cerramiento de adobe y de bajareque, tienen climas diversos, siendo el confort térmico una de las mayores ventajas por lo que se utilizan estos materiales. La intensidad de las lluvias en un período de tiempo limitado, se hace frecuente en la época lluviosa, de mayo a octubre, situación que ha aumentado en los últimos años.

El cambio climático es manifiesto en climas extremos en todo el país, tal como las lluvias torrenciales en Alta Verapaz, sequías en Camotán y huracanes en el Caribe.

6 CONCLUSIONES

El impacto de la investigación abarca a una población de 6.432.264 habitantes (43% de la población total) de los pueblos de pertenencia y comunidades lingüísticas mayas predominantes, que viven en las viviendas con tierra en los municipios seleccionados.

Las viviendas familiares con cerramiento de adobe y de bajareque existen en todo el país, por lo que debe continuarse apoyando e investigando la problemática relacionada con los reglamentos de construcción y normativas, así mismo las relacionadas con el patrimonio.

Los revestimientos en las paredes y el tratamiento en los pisos con tierra utilizados en las viviendas son diversos, siendo de suma importancia por el impacto en la salud.

La población de comunidades donde predominan diferentes culturas, contribuye con una diversidad de concepciones con prioridades diversas, enriqueciendo el contexto habitacional.

La categorización cualitativa sobre la habitabilidad, define un modelo de análisis de los indicadores propios de la situación actual de la vivienda en Guatemala, orientando un panorama sobre las medidas a implementar para una condición de desarrollo sostenible.

La cultura se hace presente en la construcción con tierra, manteniendo tradiciones ancestrales vigentes, generando una dinámica social de múltiples culturas en un ambiente intercultural.

La migración genera una influencia significativa en la concepción habitacional en comunidades que reciben remesas de los migrantes que trabajan en Estados Unidos y otros países. Se modifica la calidad constructiva, afectando la cantidad de construcción de viviendas con cerramiento de adobe y de bajareque.

Los materiales y los sistemas constructivos utilizados en viviendas construidas con cerramiento de adobe, de bajareque y piso de tierra, permiten identificar la existencia de viviendas antiguamente construidas, representantes de un patrimonio cultural.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Castillo, B. (2019) La Migración en Guatemala, FADEP, Guatemala.

Chávez, E. (2015). Análisis de Chagas, Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, Guatemala.

Guzmán, H. A. (2015). Vivienda sostenible en el área Metropolitana de Guatemala, Bárcena, Villa Nueva. Facultad de Arquitectura, USAC, Guatemala.

Instituto Nacional de Estadística (2019). Censo 2018, XII Censo Nacional de Población y VII de Vivienda de Guatemala, INE.

UNISDR – Estrategia internacional para la reducción de desastres Naciones Unidas (2009). Terminología sobre reducción del riesgo de desastres. Naciones Unidas

Rodríguez, A. I. (2015). Vivienda sostenible área metropolitana, Guatemala, San Juan Sacatepéquez, Ciudad Quetzal, colonias Robles I y II. Guatemala: Facultad de Arquitectura, USAC.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a Horlando Noé García Ramírez y a José Luis Chiroy Mendoza, por su valiosa contribución al artículo.

AUTORES

Edgar Virgilio Ayala Zapata: doctor en filosofía, doctor en ingeniería civil, ingeniero civil, profesor titular, jefe de la Sección de Tecnología de Materiales del Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Miembro de la red Iberoamericana PROTERRA y de la red PROTERRA Mesoamérica.

Francisco Javier Quiñónez de la Cruz: especialista en investigación científica, ingeniero civil, profesor titular, jefe de la Unidad de Investigación de la Escuela de Ingeniería Civil y jefe de la Sección Ecomateriales del Centro de Investigaciones de Ingeniería, ambas de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Miembro de la Comisión Técnica de Construcción del Sistema Nacional de CTi de Guatemala. Miembro de Red PROTERRA (construir con tierra); Red Tz'unun (CC-adaptación); Red Sika (GIRD).

Saulo Moisés Méndez Garza: maestro en formulación y evaluación de proyectos, ingeniero industrial, profesor investigador de la Sección de Ecomateriales del Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, Miembro de la Comisión de Calidad del Consejo Nacional de CTi de Guatemala, miembro de la red PROTERRA Mesoamérica.

INSTITUTO ECOTERM® MODULAR: DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO COOPERADO DE TERRA COMPRIMIDA

Thiago G. C. Martoni¹; Sabrina Aparecida Nascimento²;

¹Instituto Ecoterm Modular, Brasil, mail@ecoterm.org

²IPOG, Brasil, sa.nascimentoeng@gmail.com

Palavras-chave: inovação, BTC, solo, cimento

Resumo

O mercado de fabricação e construção com tijolos de solo-cimento vem crescendo no Brasil e exterior apesar das poucas normas e procedimentos pertinentes a este segmento. O Instituto Ecoterm® Modular (IEM) surgiu para colaborar com o desenvolvimento do setor através de pesquisas em cooperação técnica com universidades, criação de conteúdo, cursos e materiais didáticos, promoção e melhoria no controle de qualidade através de certificações e selo de garantia, e também para desenvolver produtos de maior valor agregado com uso da tecnologia de terra comprimida estabilizada com cimento. Buscando apresentar como o IEM iniciou sua jornada, compartilhar as principais dificuldades enfrentadas e o aprendizado obtido neste processo, foi apresentado o relato de algumas dessas experiências e abordado as pesquisas desenvolvidas e seus resultados. Ao final, conclui-se que pesquisas sobre a composição do solo foram primordiais no surgimento de inovações dentro do IEM principalmente por possibilitar o entendimento da complexidade e heterogeneidade do solo e os diversos componentes que interferem em suas características físicas, ajudando ou prejudicando na fabricação de produtos de terra comprimida estabilizada com cimento. Conhecer a composição química e física do solo antes de iniciar a fabricação destes produtos é essencial para garantir o melhor desempenho durante o uso em canteiro de obras e maior durabilidade e conforto ao consumidor final, resultando em experiências positivas pelo usuário e consequentemente no desenvolvimento sólido e sustentável para o setor.

1 INTRODUÇÃO

As construções com terra comprimida vêm ganhando espaço dentro da busca por habitações sustentáveis. O surgimento da pandemia do COVID-19 evidenciou para muitas pessoas que é hora de buscar mais qualidade de vida com menor impacto no ambiente em que vivem. Os fabricantes parceiros do Instituto Ecoterm® Modular (IEM) relatam um aumento significativo da procura por tijolos de solo-cimento; muitos destes novos clientes acreditam que o momento é de se reconectar com a natureza, destacando-se dois importantes aspectos na arquitetura e construção de ambientes: saúde e bem-estar.

Terra não é tudo igual

O bloco de terra comprimida (BTC) estabilizada com cimento, também conhecido no Brasil como tijolo e bloco de solo-cimento, é um produto que permite ter o controle das dimensões e da qualidade do mesmo (Neves, 2011). Para fabricar este tipo de bloco é necessário ter uma prensa (manual ou mecânica), terra, água e cimento. O modelo de negócio de uma pequena fábrica de tijolos solo-cimento beneficia a economia circular e da comunidade local devido às características do produto e limitações tecnológicas de maquinários disponíveis como a dificuldade de produção em larga escala comparando-se com a produção de tijolos cerâmicos. Geralmente os produtores de tijolos de solo-cimento buscam empreender para serem donos do próprio negócio e iniciam suas fábricas procurando melhor qualidade de vida e bem-estar.

Sebrae (2017) aponta dois pontos importantes para iniciar uma fábrica de tijolos solo-cimento: a obtenção de matéria-prima e a logística para entrega do produto ao cliente. Este

primeiro ponto é o que se deve ter atenção, pois, apesar do solo ser abundante, nem todo solo é propício para a fabricação de tijolos, seja por conter grande quantidade de sódio que comprometem a durabilidade, ou a presença de cristais de mica que dificultam a agregação na compactação ou até mesmo pela ausência de argila em sua composição para favorecer o adensamento.

Em 2015, a Ecoterm® iniciou suas operações, em Pratápolis (MG), buscando formas de tornar a construção civil mais prática e sustentável através do método de fabricação de tijolos de solo-cimento. Os tijolos, inicialmente, foram feitos com solo do próprio local. Apesar da expectativa, o pouco conhecimento dos empreendedores na época, sem considerar a heterogeneidade do solo e outras informações técnicas, resultou na produção dos primeiros lotes de tijolos de solo-cimento com resistência inferior aos limites estabelecidos na NBR 8491 (2012).

Considerando esta situação e admitindo que esta represente a realidade que muitos dos fabricantes iniciantes também enfrentam, a empresa passou a buscar resultados de pesquisas sobre este produto, até então, novo para a região onde a fábrica foi instalada.

No sentido de melhorar o produto da unidade fabril e ao mesmo tempo colaborar com desenvolvimento tecnológico do tijolo de solo-cimento, a Ecoterm® fez uma parceria de cooperação técnica com a Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG), apoiando e participando de projetos de pesquisa para identificar a composição de solos apropriados, as melhores técnicas para produção e melhoria das características de conforto térmico no edifício, como também em projetos de extensão visando impactar positivamente as comunidades próximas à fábrica.

Ao avaliar o solo inicialmente usado pela Ecoterm® na produção dos primeiros tijolos, constatou-se que este apresentava grande quantidade de cristais micáceos, que não se agregam de forma satisfatória por se acomodarem em lamelas. Começou-se a busca para fornecimento de solo adequado para a produção. A solução foi encontrada a 10 km de distância da fábrica, em uma mineração de fosfato que estava iniciando a sua lavra. Após apresentação e aprovação pela direção da mineração, foi-se a campo coletar amostras de diversas frentes de lavras que posteriormente foram analisadas pelo laboratório de solos da UEMG. Constatou-se que o material era adequado para a produção dos tijolos e então se consolidou a parceria com essa mineradora para receber a terra de descarte, solo inerte e estéril gerado no processo de extração. Assim o impacto positivo ao meio ambiente deu-se de duas formas, redução na emissão de gás carbônico e reaproveitamento de resíduos da mineração.

Dentro dos materiais que compõem o tijolo de solo-cimento, o cimento é o material que já vem parametrizado pelo fabricante com a indicação de sua resistência e características físicas na embalagem; a água precisa estar limpa para uso na produção; e por fim, o solo, é o único material que precisa ser ensaiado em laboratório antes de ser utilizado na produção, pois assim, fica determinado a necessidade de correção para consumo mais eficiente de cimento ou a compatibilidade de uso do solo para tal fim.

O solo ideal para uso em tijolos de solo-cimento deve apresentar características de compressão e coesão. Vale lembrar que é possível fabricar tijolos com vários tipos de solo, com teor variando de 10% a 50% de silte mais argila, cuja proporção de argila, responsável pela coesão inicial, permite a desmoldagem imediata; solos com pouca coesão podem apresentar pequenas fissuras e outras manifestações patológicas, que comprometem a qualidade do tijolo e blocos.

Mas quais características o solo deve ter para ser considerado o melhor para fabricação de tijolo de solo-cimento? São os solos com alta capacidade de compressão e coesão, com presença acentuada de argilas, destacando-se os solos ricos em óxidos de ferro (hematita), que favorecem estas duas características. Martoni (2020), buscando entender quais fatores presentes no solo ajudam no adensamento do mesmo, concluiu que as argilas silicatadas do

tipo 1:1¹, com destaque para as argilas caulinitas favorecem a compactação por conta das suas características físicas, químicas e geometria molecular.

Existem outros fatores a considerar para a produção do tijolo e bloco de solo-cimento, porém caracterizar o solo utilizado como matéria-prima é fundamental para garantir o atendimento aos requisitos do produto estabelecidos na NBR 8491 (2012) e o desempenho e durabilidade da construção. Por isso, para o fabricante, é importante conhecer a matéria-prima empregada para a produção, assegurando a qualidade dos componentes produzidos.

Tijolos e tijolos de solo-cimento e a execução da alvenaria

Os tijolos de solo-cimento fabricados no Brasil na década de 1980 eram maciços, produzidos em prensas manuais com dimensões 20-23 cm de comprimento, 9,5-11 cm de largura e 5 cm de altura, com uma reentrância retangular central, com profundidade máxima de 1,3 cm (NBR 8491, 1984). Também eram produzidos blocos vazados em prensas mecanizadas com comprimento de 19-39 cm, largura de 9-19 e altura de 14 cm (NBR 10835, 1994). O sistema construtivo indicado para o tijolo assemelhava-se ao da alvenaria tradicional e, para os blocos cerâmicos, havia a proposta de reforço com enchimento dos vazios com argamassa em situações de encontro de paredes ou de paredes longas (IPT, 1985)

Os próprios fabricantes foram modificando as condições estabelecidas e, em 2012, foram revisadas as normas adotando-se tijolos de solo-cimento com formatos maciços e vazados, comprimento de 20-24 cm, largura de 10-12 cm e altura da 5-7 cm (NBR 8491, 2012); os blocos vazados mantiveram as dimensões anteriormente estabelecidas (NBR 10835, 2012).

O projeto e a execução racional da alvenaria implica sua modulação no sentido de elevar o índice de produtividade e reduzir o desperdício com ajustes e cortes do tijolo. Considerando a uniformidade das dimensões dos tijolos e blocos de solo-cimento, seu formato padronizado garantido no processo de produção e os encaixes que facilitam seu alinhamento e posicionamento, a alvenaria de tijolos de solo-cimento é também denominada alvenaria modular e daí o nome, algumas vezes, de tijolo modular de solo-cimento.

2 OBJETIVO

Relatar o histórico e atividades desenvolvidas pelo Instituto Ecoterm® Modular e o sistema de parceria entre iniciativa privada, universidade e comunidade;

Destacar as vantagens da parceria empresa e universidade e resultados obtidos;

Apresentar inovações desenvolvidas pelo Instituto Ecoterm® Modular e formas de divulgação.

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 Aprender para crescer

A produção de tijolos e blocos de solo-cimento conta com normas publicadas sobre o processo de fabricação e controle, porém não conta com procedimentos regulamentares sobre a execução da alvenaria. Em geral, reconhecendo a semelhança do processo de execução, adotam-se as normas da alvenaria estrutural, sem considerar as especificidades dos componentes da alvenaria.

No Brasil, a introdução do uso do tijolo e bloco de solo cimento na produção de habitações de interesse social aconteceu na década de 1980 pelo extinto Banco Nacional de Habitação (BNH). Esta entrada no mercado por habitações populares fez com que o produto ficasse associado à construção de baixo custo. Com a extinção do BNH, estes componentes quase

¹ os argilominerais 1:1 (grupo da caulinita) são formados pela superposição contínua de uma lâmina tetraédrica seguida de uma lâmina octaédrica.

que caíram em desuso. Posteriormente com a conscientização e preocupação com a redução do impacto ambiental nas construções, o tijolo de ecológico, como é apelidado pelo mercado, começou a ganhar mais destaque no uso como material de baixo impacto ambiental.

Mesmo com mais de 40 anos de presença do tijolo solo-cimento no Brasil, ainda é considerado tímido o seu uso em construções por empregar técnicas construtivas diferentes da tradicional. Apesar da não exigência de capacitação prévia da mão de obra, executar a alvenaria com tijolos de solo-cimento necessita de cuidados específicos semelhantes ao de alvenaria estrutural, como uso de tubulações e ferragens dentro dos blocos.

Nascimento (2019) aponta os cuidados necessários para a execução da alvenaria com tijolo de solo-cimento, como o detalhamento e compatibilização do projeto que facilite inserir tubos, ferragens e caixas de tomada. Outro ponto que Nascimento (2019) ressalta é sobre o formato dos tijolos atualmente.

Durante a evolução do tijolo de solo-cimento, buscou-se, inicialmente, dispensar a argamassa de assentamento encaixando os componentes como em jogos de montagem, tipo “lego”. Esta prática, no entanto, não foi amplamente adotada porque o construtor verificava movimentações na estrutura quando era submetida a qualquer impacto antes da mesma estar com as amarrações concluídas; devido a este fato, argamassa colante passou a ser usada como material de assentamento dos tijolos e, com isso, os encaixes perdiam sua função. No entanto, mesmo assim, os tijolos de solo-cimento, em sua maioria, ainda são produzidos com encaixes “macho” e “fêmea”.

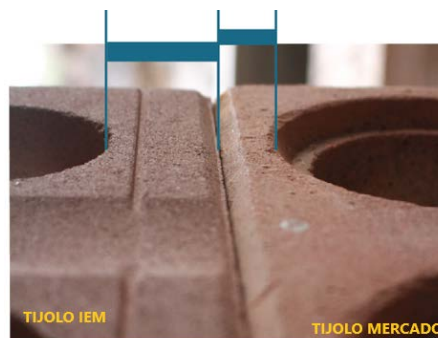
O IEM, com apoio de parceiro institucional e pesquisas desenvolvidas com a colaboração técnica da UEMG, desenvolveu um tijolo de solo-cimento, identificado como bloco IEM. A figura 1 destaca algumas particularidades do bloco IEM, comparando com os tijolos de solo-cimento encontrados no mercado. O bloco desenvolvido pelo IEM eliminou o encaixe horizontal macho-fêmea (a), acrescentou guias para facilitar a aplicação de argamassa (b) e aumentou a área de apoio horizontal dos componentes (c).



a) Tijolo IEM sem encaixes tipo macho fêmea para amarração horizontal das fiadas



b) Uso de guia horizontal para alinhamento dos tijolos nas fiadas



c) Aumento de área de apoio dos tijolos IEM em relação aos tijolos de mercado

Figura 1. Imagens comparativas entre os tijolos IEM e “de mercado”

Silva (2019) comparou a variação de temperatura de seis diferentes painéis de alvenaria preparados com: bloco cerâmico de nove furos, bloco de concreto, tijolo cerâmico maciço, tijolo maciço de solo-cimento, tijolo de solo-cimento com encaixes, e bloco IEM. O equipamento do ensaio consistiu numa câmara fechada cuja fonte de calor foi proporcionada por duas lâmpadas infravermelho instaladas no interior, simulando a energia solar. O painel de alvenaria, instalado com uma face voltada para a fonte de calor; a face oposta correspondia à câmara fria. Os painéis de alvenaria foram submetidos à mesma fonte de calor. Após acionamento da emissão de calor, mediu-se o tempo no qual houve uma variação de 5 K entre a temperatura inicial e final na câmara fria. Os resultados são apresentados na figura 2 e o equipamento utilizado na figura 3.

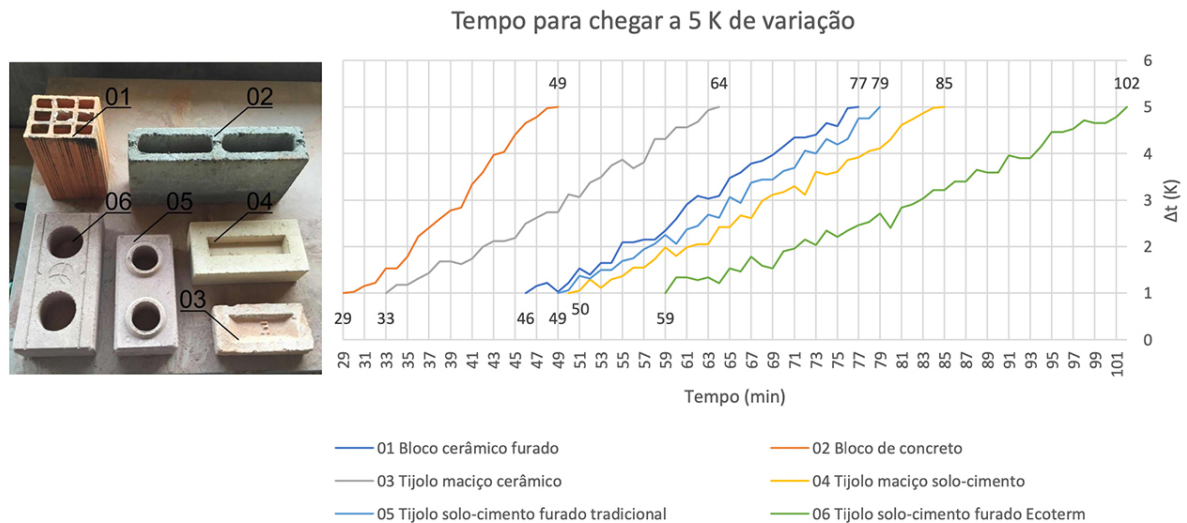


Figura 2. Imagem das unidades de diferentes tipos de alvenaria correlacionados com o gráfico de comportamento térmico.

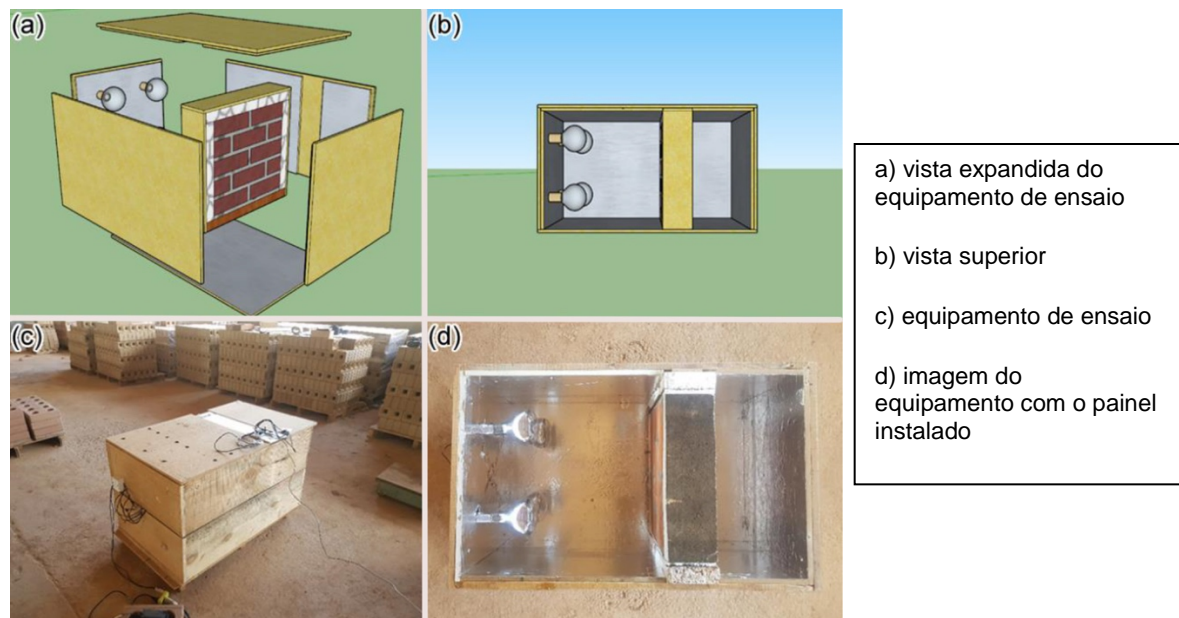


Figura 3. Detalhamento do protótipo utilizado no ensaio

Outras pesquisas realizadas, pelo país, foram significativas para o avanço do conhecimento dos tijolos de solo-cimento e melhorias dos blocos IEM:

a) Oliveira *et al.* (2014) analisaram a incorporação de resíduos de tornearia mecânica na mistura para fabricação de tijolos de solo-cimento, comprovando melhorias das características físico-mecânicas do bloco;

b) Reis *et al.* (2016) realizaram uma pesquisa bibliográfica sobre a incorporação de resíduos de construção (RCD) na mistura para a fabricação dos tijolos de solo-cimento, confirmando esta possibilidade. Ressaltaram também que a simplicidade do processo de fabricação facilita sua entrada no mercado da construção e uso em construções, pois não é necessário grandes maquinários para produzi-lo.

c) Miranda (2019) pesquisou e confirmou a viabilidade da substituição de até 30% do solo por RCD.

A figura 4 mostra uma edificação executada com tijolos de solo-cimento contendo resíduos de construção e descarte de mineração, fabricados por um parceiro do IEM.



Figura 4. Imagem de uma construção feita com tijolos de solo-cimento contendo 30% de resíduos de construção e módulos vazados produzidos com 85% de terra de descarte de mineração

O IEM, considerando a sustentabilidade ambiental do tijolo de solo-cimento e também a sustentabilidade econômica dos produtores, busca desenvolver outros produtos, possibilitando assim a oferta diversificada de produtos que, oportunamente, inferem maior valor agregado. O elemento vazado², por exemplo, inédito no Brasil e no exterior, é produzido apenas com alteração do molde na máquina de prensagem do tijolo de solo-cimento. Mesmo com patente, o IEM oferece, gratuitamente, a licença para sua produção. As figuras 5 e 6 mostram o modelo do elemento vazado patenteado pelo IEM, produzido apenas com a alteração do molde de prensagem da máquina de produção.

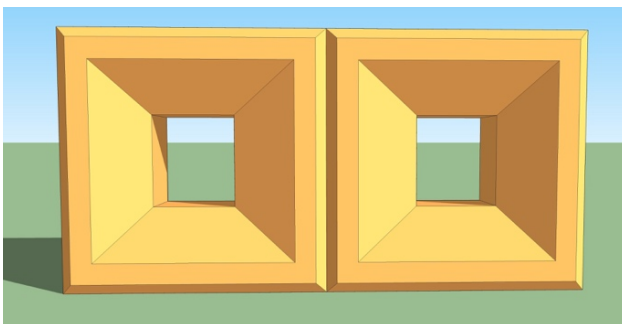


Figura 5. Desenho em 3D do módulo vazado Ecoterm®



Figura 6. Detalhe de um painel construído com os módulos vazados Ecoterm®

Além do desenvolvimento do elemento vazado, o IEM também desenvolveu modelos de revestimentos 3D. Estes produtos, cujo método de assentamento é o mesmo de revestimentos convencionais, destacam-se pelo baixo custo de produção e alto potencial de

² Patenteado em 2018 com certificado de registro de desenho industrial BR 302018054264-9

uso com maior valor agregado. Mostrando as inúmeras aplicações através de inovação e busca de produtos para oferecer destaque de utilização da terra como matéria prima de produtos de acabamento com menor impacto possível. As figuras 6 e 7 apresentam os revestimentos 3D.

As figuras 7 e 8 apresentam aplicações do revestimentos 3D



Figura 7. Revestimento 3D "Flor da Vida" aplicado



Figura 8. Módulo de revestimento "Peixes" produzido com vidro reciclado

O processo de produção adotado pelo IEM possibilita a utilização de diferentes resíduos incorporadas ao solo. Os revestimentos apresentados nas figuras 6 e 7 foram produzidos com 75% de vidro reciclado, 15% de argila branca e 10% de cimento.

O IEM também desenvolve projetos em diferentes frentes de atuação ambiental, com destaque para o projeto da Ecolmeia em parceria com a FLORA, grupo de estudos e pesquisas em abelhas da Universidade Estadual Paulista (UNESP). Neste projeto, foi desenvolvido um modelo de colmeia ecológica construída com os tijolos de solo-cimento. Ainda em fase de desenvolvimento, foram construídas mais de 10 colmeias no campus universitário de Jaboticabal (SP). Segundo a observação dos especialistas desta área que acompanham o projeto, os enxames de abelhas que habitam as colmeias de alvenaria de terra apresentam comportamento menos agressivo. Estes especialistas suspeitam que o enxame sente-se seguro e sem estresse devido a facilidade de termorregulação. Considerando que as colmeias de terra comparadas com as tradicionais de madeira oferecem melhor desempenho relativo à temperatura, retardando a variação interna da colmeia.

A figura 9 mostra uma colmeia concluída e em uso e a figura 10 mostra detalhe da parte interna.



Figura 9. Pesquisadora Dra. Marisa Clemente Rodrigues demonstrando a Ecolmeia para estudantes da UNESP



Figura 10. Detalhe da parte interna da Ecolmeia com os quadros de ninho e produção alinhados no sentido horizontal

3.2 Parceiros de jornada

O IEM é formado por fabricantes de tijolos de solo-cimento e outros profissionais que compartilham as inovações desenvolvidas e, assim, fortalecem os produtos de solo-cimento comprimido. O IEM, além da dedicação aos fabricantes, preocupa-se em desenvolver e disponibilizar materiais didáticos apropriados para a utilização de tijolos de solo-cimento tipo IEM.

Em parceria com a UEMG, foi elaborado e disponibilizado gratuitamente no seu site³ o manual ilustrado de boas práticas na execução da alvenaria de tijolos de solo-cimento (figura 11).



Figura 11. Apresentação do layout gráfico da capa e parte interna do manual de boas práticas

Este manual resultou de vivências feitas durante a construção de obras no evento também realizado em parceria com a universidade, chamado de ECOCAMP. O ECOCAMP contou com a parceria da ONG Engenheiros Sem Fronteiras – Núcleo Passos e teve a participação de profissionais do setor de construção civil, professores e de alunos dos cursos de graduação de engenharia civil e arquitetura. O evento aconteceu com promoção de construções com o tijolo de solo-cimento e com bambu, além de palestras de conscientização sobre a terra e economia colaborativa. A figura 12 mostra uma das atividades no Ecocamp.



Figura 12. Imagem do 2º ECOCAMP realizado na Fazenda Lago Azul

Neste evento foram coletados materiais fotográficos e comparados modelos de execução da construção com tijolo de solo-cimento e os encontrados em divulgação no mercado. Devido ao fato de o tijolo de solo-cimento ser apresentado como processo adequado para

³ www.ecoterm.org

construção em regime de mutirão, o manual de boas práticas é um instrumento que garante segurança aos usuários e padronização da construção.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como parte dos esforços para aprimorar o mercado como um todo do bloco IEM, decidiu lançar uma campanha intitulada de Rochas & Minerais para demonstrar a heterogeneidade do solo, com o objetivo de evidenciar que a terra é abundante e diversificada, e, devido a grande diversidade de cristais presentes, deve-se analisar o solo antes de utilizá-lo na produção de tijolos e artefatos de solo-cimento. Como complemento, o IEM, aliado a tecnologia do *blockchain*, desenvolveu o incentivo ao estudo dos minerais presentes na terra através do lançamento de cartas colecionáveis em *Non fungible tokens (NFTs)* emitidos através da plataforma *Cardano*. As figuras 13 e 14 mostram como são as cartas e lançamento da campanha.

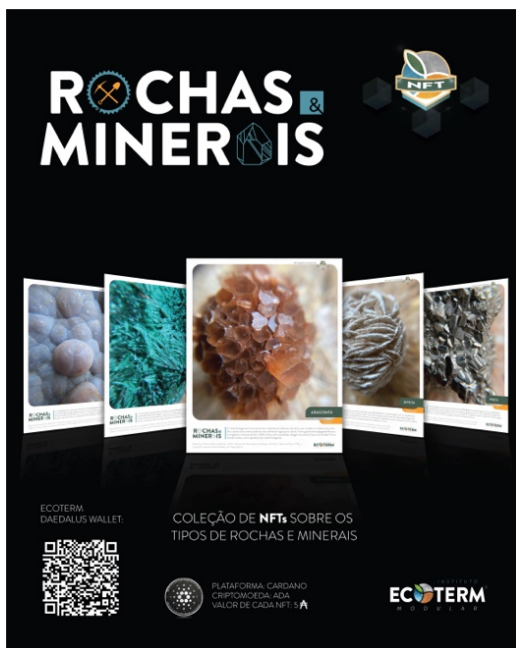


Figura 13. Layout promocional do lançamento da coleção Rochas & Minerais



Figura 14. Layout do 1º NFT lançado no blockchain da plataforma Cardano
MINTED 25/07/2021 03:01:06 UTC
(asset1ns0cfe22v87pc7f95zclt8cx2y0ukst24adr6w)

Difundir a diversidade de minerais existentes na terra facilita o entendimento da complexidade da formação dos solos e ajuda na busca por melhorias nos produtos de construção com terra comprimida, pois o tipo de cristal formado no solo que se emprega na fabricação do tijolo vai determinar suas características físicas e qualidade do produto final. Entender sobre isso possibilitou ao IEM desenvolver produtos inéditos no mercado e melhorar o desempenho do bloco de solo-cimento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (1985). Utilização de blocos vazados de solo-cimento na construção de habitações. Rio de Janeiro: BNH/DEPEA

Martoni, Thiago Gonçalves Campos (2020). Propriedades de argilas que afetam a consistência do solo e favorecem a compactação. Monografia - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2020.

Miranda, Christian Matias (2019). Estudo de tijolos de solo-cimento com substituição do solo por resíduos da construção civil na sua composição. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal do Tocantins, Palmas.

Nascimento, Sabrina Aparecida. *Elaboração de um manual de boas práticas de construção com tijolo ecológico*. 2019. 77 f. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade do Estado de Minas Gerais, Passos, 2019.

NBR 10835 (1984). *Blocos vazados de solo-cimento sem função estrutural – formas e dimensões*. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas. (norma cancelada)

NBR 8491 (1994). *Tijolo maciço de solo-cimento – Especificação*. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas. (norma cancelada).

NBR 8491 (2012). *Tijolo de solo-cimento – Requisitos*. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.

Neves, Célia. *Introdução*. In: Neves, Célia; Faria, Obede Borges (org.). *Técnicas de construção com terra*. Bauru: Proterra, 2011. p. 79.

Oliveira, Josiane Rodrigues de; Amaral, Adriana Garcia do; Schneider, Roselene Maria (2014). *Incorporação de resíduos sólidos na fabricação de tijolos solo-cimento*. *Nativa: Pesquisas Agrárias e Ambientais*, S.L., v. 2, n. 1, p. 53-57, jan. 2014. DOI: 10.31413/nativa.v2i1.1370.

Reis, Gabriela Damasceno dos; Negreiros, Natalia Felix; Canetomi, Thaís Hitomi (2016). *Uso de resíduos da construção civil na fabricação de tijolos solo-cimento*. *Anap Brasil: Revista Científica*, S.L., v. 9, n. 16, p. 45-53.

Sebrae – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (2017). *Como montar uma fábrica de tijolos ecológicos. Ideias e tendências de negócios*. [s.l.]: Sebrae:

Silva, Mauricio Henrique da (2019). *Avaliação e comparação do desempenho térmico do tijolo Ecoterm® e vedações convencionais*. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade do Estado de Minas Gerais, Passos, 2019.

AUTORES

Thiago Gonçalves Campos Martoni, especialista em solos ESALQ/USP, membro da equipe técnica da UEMG na elaboração do Manual de Boas Práticas da Execução de Alvenaria Modular de Solo-Cimento 2020, membro da comissão da norma ABNT para o tijolo de solo-cimento com função estrutural, fundador e atual gestor no Instituto Ecoterm® Modular. Atua como consultor em projetos sustentáveis no Brasil e Austrália.

Sabrina Aparecida Nascimento, engenheira civil; cursando MBA em gestão de obras no Instituto de Pós-graduação e Graduação; trabalha na área de execução de obras com escritório próprio em Passos, MG; desenvolveu pesquisas na área de construção com BTC de solo-cimento e de sistema de medição individualizada.



PANORAMA DA ARQUITETURA E CONSTRUÇÃO COM TERRA NO CEARÁ

Pedro Peixe¹; Herbeson Mikson Lessa Santos²; Levi Teixeira Pinheiro³; Leticia Grappi⁴; Sumara Lisboa⁵

¹Universidade de Buenos Aires; Argentina, pedro_peixe@hotmail.com

Instituto Federal de Educação do Ceará; Brasil, ²herbeson.mikson.lessa05@aluno.ifce.edu.br; ³levi.teixeira@ifce.edu.br

⁴Rede TerraBrasil e mapadaterra.org; Bahia, Brasil, lpgrappi@gmail.com

⁵Rede TerraBrasil; Santa Catarina, Brasil, arquitetasumara@gmail.com

Palavras-chave: Inventário, arquitetura contemporânea com terra

Resumo

O estado do Ceará tem, por tradição, construir com terra; desde pisos, revestimentos, tintas, mobílias à paredes para seus espaços, aplicando técnicas construtivas como adobe e pau a pique. Porém, tais técnicas construtivas com terra foram perdendo o uso ao longo dos anos, com a implantação de olarias e a campanha de saúde pública para eliminação das casas de pau a pique, consideradas insalubres. Não obstante, desde os anos de 1970, arquitetos e bioconstrutores do Estado do Ceará reutilizam as técnicas tradicionais com terra, primando o baixo custo e a construção de habitações de interesse social. A partir deste contexto é proposto realizar uma investigação dos profissionais na atuação da construção com terra no Ceará, investigando os tipos de técnicas construtivas nos últimos anos, como taipa de mão, adobe e terra ensacada, buscando identificar a participação do poder público e da iniciativa privada, como também da especialidade do profissional em que atua na construção de design contemporâneo com terra. A coleta de dados ocorreu por meio de entrevistas, formulários e investigação de obras cartografadas na plataforma mapadaterra.org. A análise de dados ocorreu de forma estatística, tendo como resultado, até os anos de 1990, a técnica de pau a pique como a mais utilizada para produção de habitações de classe média e de habitações sociais por parte do poder público com a parceria de outras instituições, iniciação essa de ONGs, Institutos Federais como o próprio Governo Federal. Nos anos 2000, quando surgem os primeiros institutos de permacultura pelo Ceará, arquitetos e bioconstrutores passam a incorporar mais as técnicas construtivas com terra em seus projetos e adotam outros sistemas como o adobe, a terra ensacada e o cordwood. A pesquisa revela uma tendência ao crescimento de projetos e obras com terra, com a diversificação de tecnologias empregadas, aceitação no mercado e um certo abandono do poder público.

1. INTRODUÇÃO

Está-se vivendo crises ambientais sem precedentes e a urgência de rever os hábitos urbanos aos quais se está submetido se faz bastante necessário. No que diz respeito à indústria da construção civil, uma das grandes responsáveis pela emissão do dióxido de carbono no planeta, a urgência se faz tão, ou até mais necessária que as demais, visto que os edifícios, mesmo em uso, consomem grandes quantidades de CO₂ para abrigarem atividades humanas (UNEP, 2020).

Se, de um lado, vê-se a destruição do meio ambiente pelo homem urbano, do outro, vê-se tradições construtivas ancestrais sendo perdidas. A implementação de técnicas pautadas em materiais de construção industrializados diminuiu as formas de construir com materiais naturais obtidos localmente, legados de gerações nos mais diversos povos espalhados pelo mundo. Estas técnicas, que foram frutos de observação do homem com o seu meio, criaram figuras próprias de construir seu habitat, de acordo com sua própria cultura, clima, materialidade, etc. (Weimer, 2005) A diversidade construtiva deu lugar ao uso das técnicas e materiais industrializados.

Ainda hoje, muitos povos constroem com terra, porém, é minoria diante do número de construções feitas com materiais industrializados. Muitos desses habitantes são de resistência, como os quilombolas, os indígenas, além dos sertanejos, os caiçaras, dentre muitos outros. Existem também os movimentos ambientalistas que, a partir das pautas climáticas, assimilam o conhecimento dos antecedentes, resgatando as formas de construir com a terra para minimizar os impactos ambientais. O Nordeste é a região brasileira onde ainda permanecem essas tradições de construir com terra, principalmente no Estado do Ceará, onde prevalece o pau a pique e o adobe.

Acontece que, infelizmente, há uma deslegitimação das construções de terra (principalmente as de pau a pique) pela sociedade e Estado. De fato, a maior parte das construções precárias no Brasil utiliza esta técnica, mas isso acontece não pela precariedade da técnica em si, mas principalmente pelo abandono de políticas públicas e pelo descrédito da sociedade (Vieira, 2018).

Diante deste cenário de urgências climáticas, perdas de tradições e deslegitimação das construções de terra, torna-se essencial a sua retomada por parte dos profissionais envolvidos na construção. Em várias partes do mundo, instituições e profissionais reconhecem e buscam por este resgate. Pode-se citar, como exemplo, o Centro Internacional de Construção com Terra (CRATERRE), localizado na França que reúne investigadores, profissionais e professores para estabelecer ligações criativas na formação e divulgação de conhecimentos.

No Brasil, o início da retomada do uso da terra na arquitetura e construção deu-se na década de 1960. Como exemplo, pode-se citar a produção do conjunto habitacional Cajueiro Seco¹, em Pernambuco, idealizado pelo arquiteto Acácio Gil Borsoi (1924-2009). Desde então, a construção com terra espalhou-se pelo território nacional de forma ainda tímida (Pinheiro *et al.*, 2016). Dentro da literatura há poucos registros de obras contemporâneas com terra, destacando-se o exemplar trabalho de Lopes (1998) que catalogou obras em pau a pique no país.

Considera-se que esta pesquisa sobre o panorama de construções com terra é uma contribuição para a valorização das construções com terra no estado e no país. A pesquisa deu-se, notadamente, no Estado do Ceará, por iniciativa de membros da Rede TerraBrasil com equipe do Mapa da Terra (mapadaterra.org), uma plataforma digital que cartografa de forma colaborativa as construções com materiais naturais no Brasil e em demais países.

A coleta de dados para a presente pesquisa ocorreu de maneira remota por conta da pandemia, a partir do diálogo com os profissionais envolvidos em projetos e obras com terra no Ceará. Esta pesquisa não engloba, infelizmente, inúmeras comunidades no interior do Estado, que abrigam em construções de terra.

2 OBJETIVOS

Realizar uma investigação dos profissionais que atuam na construção com terra no Ceará, investigando os tipos de tecnologias construtivas nos últimos anos, como taipa de mão, adobe, terra ensacada, buscando identificar a participação do poder público e da iniciativa privada.

3 ESTRATÉGIA METODOLÓGICA

A pesquisa foi desenvolvida em três etapas: revisão bibliográfica, coleta e análise de dados (figura 1).

A revisão bibliográfica consistiu em um levantamento de artigos, teses e dissertações sobre construção com terra no Brasil e no mundo de modo a compreender o reflexo deste movimento sobre o estado do Ceará.

¹ <http://acaciogilborsoi.com.br/projetos-sociais/cajueiro-seco/>

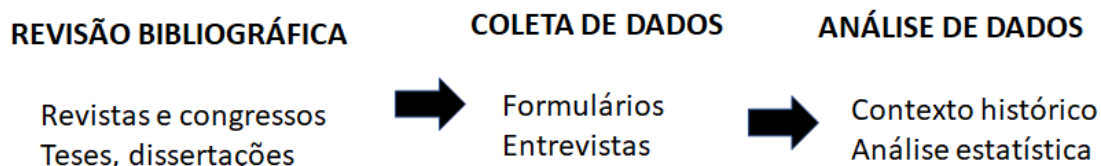


Figura 1 – Etapas da pesquisa

A coleta de dados consistiu na aplicação de um formulário online com a ferramenta Googleforms. Os dados gerados correspondem às entrevistas feitas com profissionais e bioconstrutores cujas obras estão cartografadas no Mapa da Terra; membros da Rede Terra Brasil; membros de outras instituições ligadas à permacultura e bioconstrução; entre outros profissionais identificados nas redes sociais os quais também atuam na construção com terra no Ceará. Através do formulário, coletaram-se informações como título da obra, uso do do espaço, técnicas construtivas, área, profissionais envolvidos, tipo de mão de obra e ano da construção.

Após a aplicação do formulário, foram selecionados os entrevistados que apresentaram maior relevância como o pioneirismo e número de obras. Assim, realizou-se uma pequena amostragem de cinco profissionais de atividades distintas: 1 autoconstrutor, 1 permacultor, 2 arquitetos e 1 técnico em edificações.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

Durante a pesquisa observou a existência alguns trabalhos de outros investigadores, que se dedicaram a levantar e analisar as construções com terra no país. Porém, tais pesquisas ainda são pouco representativas, além de apresentarem heterogeneidade significativa em termos da amplitude territorial dos recortes. Nesse contexto, as principais referências encontradas por esta pesquisa estão sintetizadas a seguir, em uma sequência organizada por amostragem, recorte espacial, territorial e data de publicação. Dentre as pesquisas que envolvem o mapeamento da construção contemporânea em terra no Brasil, destacam-se as investigações de Lopes (1998), Carvalho (2012), Pinheiro *et al.* (2016) e Prompt e Librelotto (2018).

Lopes (1998) levanta uma pequena amostra de 50 construções em taipa de mão em diferentes regiões do Brasil, construídas entre os anos de 1955 e 1997. Como resultado da pesquisa obteve informações detalhadas sobre cada edificação, registrando-se inovações tecnológicas nas diversas etapas do processo construtivo: fundação, estrutura, cobertura, entramato e acabamento; o uso de diferentes tipos de madeira, como madeiras nativas e de reflorestamento, e de estabilizantes da terra, de acordo com as peculiaridades regionais. A pesquisa apresenta uma forte contribuição seja para o resgate ou melhoria do uso desse sistema construtivo, não apenas na edificação de habitações ditas populares, mas na construção como um todo, pelas características que lhes são próprias. Assim como, mostram a viabilidade do uso desta técnica em termos econômicos, estéticos e de salubridade, e contribuem para desassociar a imagem da taipa de mão com a pobreza e a miséria.

Além, das contribuições técnica, Lopes (1988) mapeou de forma temporal e espacial as obras e os profissionais que contribuíram o conhecimento do pau a pique no Brasil. Dentre os profissionais, destacou os arquitetos Cydno da Silveira e Amália Gama, do Rio de Janeiro, Marcos Borges dos Santos, em Minas Gerais, Suely Ferreira e Zanine Caldas, no Rio de Janeiro, Karla Caser, no Espírito Santo, Paulo Frota, no Piauí, e entre as instituições, destacou ONG CEARAH Periferia, no Ceará e o Núcleo de Estudos e Projetos Habitacionais e Urbanos, da Universidade Federal Fluminense (NEPSSA/UFRG), no Rio de Janeiro.

Carvalho (2012) realiza um breve mapeamento das construções em adobe tradicionais no Estado do Ceará. Esta pesquisa fez o levantamento de 11 municípios que prevecia a construção com adobe no Estado, que consta de 188 municípios. A pesquisa concluiu que o adobe ainda permanece no Estado, principalmente na região noroeste, região de maior

altitude na Serra da Ibiabapa. De modo geral, identifica-se que o sistema construtivo de adobe prevalece em edificações de um pavimento, associado com a utilização de materiais industrializados em substituição dos naturais: vergas de concreto ao invés de vergas de madeira; revestimento com argamassa de cimento cal e areia, ao invés de terra e cal. Outro dado apontado por Carvalho é que o adobe nem sempre é produzido na própria obra, podendo ser adquirido fora do canteiro.

Pinheiro et al (2016) faz um breve panorama da construção em terra com design contemporâneo no Brasil, apresentando a amostragem de 164 obras executadas desde 1963 a 2016. O estudo aponta que, entre as décadas de 1960 e 1990, a construção com terra apresentava uma produção tímida e a técnica que prevalecia era o pau a pique. Assim como seu uso correspondia a de residencial.

A partir dos anos 2000, observa-se que as obras contemporâneas catalogadas utilizam diversas técnicas construtivas com terra, desde as mais tradicionais (adobe, pau a pique e taipa de pilão), até o cordwood, terra ensacada e cobertura vegetal. Além da inserção de novas técnicas ao longo dos anos, observam-se avanços tecnológicos como uso de grandes vãos para as aberturas, vidro e estruturas metálica e de concreto combinadas com as paredes de terra. Quando aos usos, observam-se aplicações diversas, como escolas, pousadas, espaços comerciais. Porém, as construções de uso residencial ainda prevalecem (Pinheiro *et al.*, 2016).

Pinheiro et al (2016) ressaltam a redução do financiamento público ou privado para construções com terra a partir da década de 2000, quando se instalou o programa habitacional Minha Casa e Minha Vida. Este programa exigia que as técnicas construtivas concorrentes fossem normalizadas. Nesta época, as técnicas normalizadas correspondiam especificamente aos tijolos e blocos de solo-cimento.

Prompt e Librelotto (2018) fizeram o mapeamento de obras no Estado de Santa Catarina entre os anos de 2002 e 2018. A pesquisa apresenta a forte influência da agroecologia e permacultura na decisão dos proprietários em construir com terra, principalmente no caso de agricultores. No contexto histórico, verifica-se que, na década de 2010, há maior número de obras de terra do que a década anterior. Em termos de uso, o residencial prevalece com 60% das obras. Autoras informam que o regime de autoconstrução aconteceu em 48% das obras. Dentre as técnicas empregadas, embora se citam taipa de mão, terra ensacada, adobe, cordwood, BTC, taipa de pilão e calfitice, as que prevalecem são a taipa de mão (44%) e a terra ensacada (25%).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Caracterização da região

Localizado na região Nordeste do Brasil, o Estado do Ceará, com população estimada de aproximadamente 7 milhões de habitantes, e 184 municípios distribuídos em uma área de 148.886 km², limita-se com os estados do Piauí, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco.

Em relação ao contexto construtivo do estado do Ceará, no ano de 2010, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010) computou a existência de 93.852 unidades habitacionais de pau a pique, dos quais 35.807 apresentavam-se em condições precárias devidas à falta de manutenção, revestimentos e acabamentos. Os maiores índices do país de casas de pau a pique são computados aos estados do Ceará e do Maranhão.

Estas casas, em sua maioria, situam-se na zona rural do Estado e são habitadas por pessoas que sobrevivem da agricultura familiar, subsídios do governo ou moradores em fazendas, como é o caso do município de Juazeiro do Norte. Devido às baixas condições econômicas e a não garantia de direitos básicos fornecidos pelo Estado, estes moradores produzem habitações que lhes forneçam abrigo imediato. É bastante comum que não haja planejamento ou responsável técnico, ainda que a Lei Federal nº. 11.888/2008 (conhecida

como Lei de Assistência Técnica) lhes garanta este suporte profissional. O regime de autoconstrução se faz bastante presente e, muitas vezes, as casas são precárias, sem revestimento, sem qualidade técnica na execução e sem esgotamento sanitário (Macêdo *et al.*, 2012).

No Ceará, as casas de alvenaria de bloco correspondem ao total de 2.264.364 unidades, sendo 1.991.389 (88%) revestidas e 272.975 (12%) sem revestimento. Dentre estas habitações, o IBGE (2010) não distingue a alvenaria de adobe e tijolo cerâmico. Dentre as regiões que apresentam habitações em adobe, destacam-se as tradicionais no Norte e Nordeste do Estado, concentradas em regiões mais úmidas de maior amplitude, isto é, dentro ou próxima zona bioclimática 5 que corresponde às cidades de Alcântaras, Aracati, Coreaú, Crateús, Eusébio, Granja, Guaramiranga, Ipueiras, Jijoca, Marco, Moraújo, Mulungu, Uruburetama, Ibiapina, São Benedito, Tianguá e Ubajara (Palitot, 2007; Lopes *et al.*, 2012; Amaral *et al.*, 2019; Alcântara *et al.*, 2018).

5.2 Contexto histórico

A construção com terra com desing contemporâneo no Ceará tem suas raízes no final da década de 1970, quando foram desenvolvidos protótipos habitacionais com taipa de mão para o Programa de Erradicação de Favelas de Fortaleza (PROAFA), o que culminou com a produção de cartilhas (Lopes, 1998).

Na década de 1980, foi construída a Casa Estúdio em Fortaleza, tendo como base as construções populares e históricas em taipa de mão. Segundo o proprietário, o projeto foi desenvolvido por ele com base na cartilha desenvolvida por Lopes (1998) e a obra executada por mestre e pedreiros locais.

Lopes (1998) informa que, no Ceará, a década de 1990 é marcada pela produção de obras com pau a pique produzidas pela ONG Cearah Periferia em parceria com CRAterre América Latina², que também desenvolveram obras com pau a pique na periferia de Fortaleza: habitações, farmácias populares e galpões. Ainda nesta década (1996), após o contato com a permacultura no continente australiano no The University of Queensland – Australia, por meio do doutoramento de um professor da Universidade Federal do Ceará (UFC), inicia-se a difusão das técnicas de construção sustentável por meio de oficinas práticas e aulas na universidade.

A década de 2000 em diante é marcada pela criação de institutos de permacultura no Ceará, os quais realizaram cursos de construção com terra. Esta atuação representa a produção das primeiras obras contemporâneas de dois renomados arquitetos cearenses graduados na UFC.

Foram promovidos dois cursos pela UFC, o “I Curso Avançado de Permacultura”, com 72 horas de duração no ano 2000, e o de “Oficina de adobe” com 15 horas de duração em 2004, assim como se propôs a criação do Instituto Permeiar, que não foi efetivada. Outros cursos organizados nesse período foram: sistemas de cobertura de habitação de interesse social (30h) no ano de 2006, promovido pelo Instituto Federal do Ceará (IFCE), com o apoio de um pesquisador da Universidad Autónoma de Chiapas, México; e, o curso de extensão universitária de construções ecológicas, promovido pelo NEPSSA, realizado em 2008. Estes cursos contribuíram para a difusão das técnicas de construção com terra no Ceará.

Em paralelo, em 2003, foram executadas, no caráter privado, as primeiras obras contemporâneas com adobe no Ceará, e, a partir de 2006, obras de BTC, pau a pique e terra ensacada.

Na década de 2010, intensificam-se as formações em permacultura com o surgimento do Instituto de Permacultura e Ecovilas do Ceará (IPC) e novos cursos de construção em terra. Assim, surgiram novas obras produzidas por membros do próprio IPC ou por indivíduos formados neste ou outros institutos. No contexto da permacultura, destacam-se as

² com consultoria dos arquitetos Alan Hays e Sylvia Matuk

residências de alguns membros do IPC, que residem na região metropolitana de Fortaleza, na cidade do Eusébio, onde se pode encontrar sete obras com terra no mesmo bairro. Outro caso, são as obras da ONG Portal da Vida, que construiu algumas residências com terra ensacada e adobe no município de Sobral.

Em 2012, ocorreu o TerraBrasil 2012 - IV Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil na cidade de Fortaleza, promovido pela UFC, Universidade Vale do Acaraú e Rede TerraBrasil. No ano de 2016, acontecem outras obras e cursos vinculados ao conceito canteiro escolar, como o Programa Aprendiz Natural Arquitetura (PRANA) e Curso Terra – da matéria à arquitetura. Em 2018 é realizada Oficina de construção com adobe, contando com um mestre adobeiro e um professor da IFCE. Estes cursos incentivam jovens arquitetos a projetar e construir com terra, além de promover obras no regime de autoconstrução.

Em paralelo, foi construída a Casa PAS com o conceito Earthship, que abrange várias técnicas, dentre elas a construção em terra, cujo autor destaca-se por não ter uma influência direta da permacultura ou dos demais arquitetos cearenses, mas de um curso realizado nos Estados Unidos.

5.3 Análise de obras

Foram identificadas 55 construções de design contemporâneas com paredes construídas com terra, sendo que, a amostra considerada para a coleta de dados da pesquisa foi de 32 edificações (58% do universo).

Dentre a amostra analisada, 44% das obras se concentram na região metropolitana de Fortaleza, a capital do Estado. As demais se distribuem em regiões de maior poder econômico como a região noroeste, especificamente nas cidades de Sobral e Tianguá, e na região sul. Havendo algumas obras na região litorânea, que possuem caráter turístico. Em contraste a região mais pobre do estado, as regiões dos Sertões, Centro-sul, Norte e Jaguaribe Cearense, onde se concentram as construções tradicionais, foi onde se catalogou uma única obra contemporânea no município de Itapajé (figura 2).

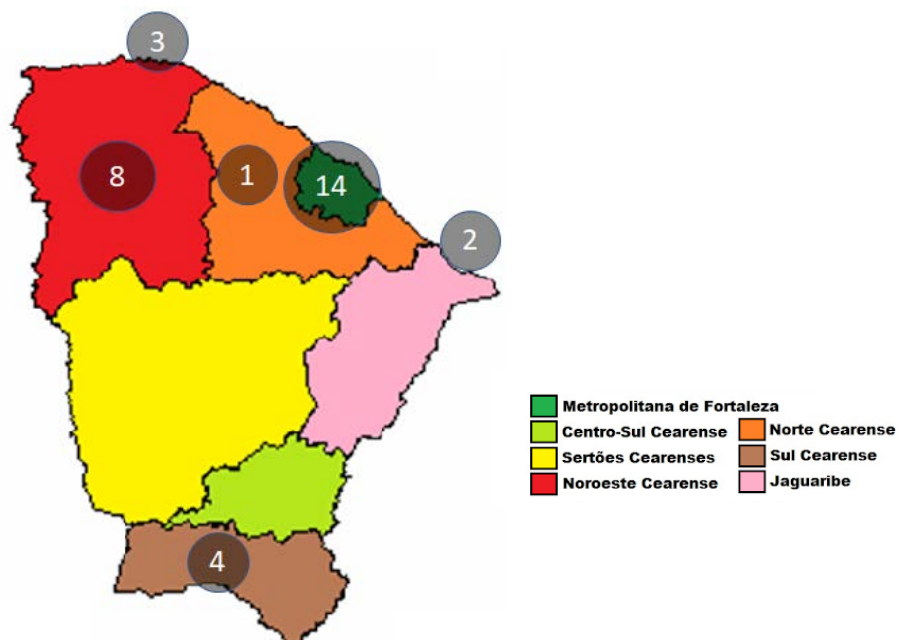


Figura 2 – Mapeamento da amostragem das construções com terra no Ceará

As obras catalogadas são de pequeno a grande porte, variam de 17 a 1200 m², com usos diversos, tais como: residências unifamiliares, centros culturais, hospedaria e espaços comunitários sejam cozinhas e/ou banheiros. Verifica-se que a edificação residencial é aquela que prevalece ao longo dos anos, corroborando com as pesquisas de Lopes (1998); Pinheiro *et al.*, (2016) e Prompt e Librelotto (2018).

As análises a seguir apresentam o panorama das técnicas construtivas com terra em paredes e na cobertura vegetal ao longo das décadas, assim como o perfil dos profissionais que atuam no Ceará.

A) Técnicas construtivas

De acordo com a síntese do levantamento das obras realizadas, efetua-se que entre os anos de 1980 e 1990 foi marcado por obras em pau a pique, tendo destaque para Casa Estúdio do fotógrafo José Albano, como a primeira obra registrada, com cunho de um dado levantado por meio de pesquisas. Com o início dos anos 2000, observa-se um processo de diferenciação das técnicas construtivas, com adobe, pau a pique e o uso do telhado jardim. Nos anos 2010 há uma retomada do uso do pau a pique, a aplicação de diversas tecnologias com terra e um crescimento exponencial do número de obras (figura 3).

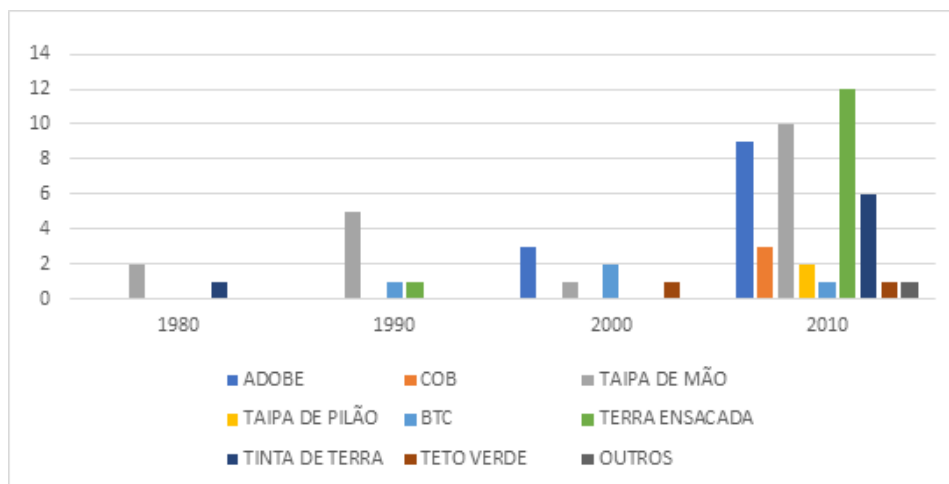


Figura 3 – Tecnologias construtivas ao longo das décadas

A diversidade de técnicas e o aumento das obras podem ser explicados pela oferta de cursos de construção com terra, bioconstrução e permacultura, que iniciou no final da década de 2000, por iniciativa do IPC, NEPSSA. O que aconteceu de forma similar no Estado de Santa Catarina, como apontado por Prompt e a Librelotto (2018), muitas obras de terra são construídas pelo fato dos proprietários serem permacultores.

B) Perfil profissional

A escassez de profissionais qualificados na construção em terra no Ceará se dá pelo fato do conhecimento tecnológico ser pouco difundido nas universidades e estar mais concentrado nos workshops produzidos por permacultores, que incentivam a autoconstrução, principalmente no final dos anos 2000. Os mestres artífices que detêm os conhecimentos tradicionais atuam de forma local e são, pouco valorizados pelo mercado da construção civil.

Nas décadas de 1980 e 1990, as obras são produzidas em sua maioria sobre o regime de autoconstrução, onde o proprietário realiza o projeto e acompanha a construção, havendo uma única obra com presença de um arquiteto. Nos anos 2000, aparecem as obras de arquitetos, que têm sua base na permacultura.

Na década de 2010, advém a presença mais diversificada de profissionais, como arquitetos, engenheiros, técnicos em edificações, permacultores e bioconstrutores. Nesta pesquisa, o permacultor é aquele que tem alguma formação em permacultura e bioconstrutor é um profissional, que tem experiência em construção com materiais naturais.

Em termos percentuais tem-se que 64% dos profissionais que atuaram no Ceará na década de 2010 foram sobre o regime de autoconstrução, seja sob supervisão do proprietário, bioconstrutores ou permacultores. E somente 36% contou com a presença de profissionais como arquitetos, engenheiros ou técnicos em edificações (figura 4).

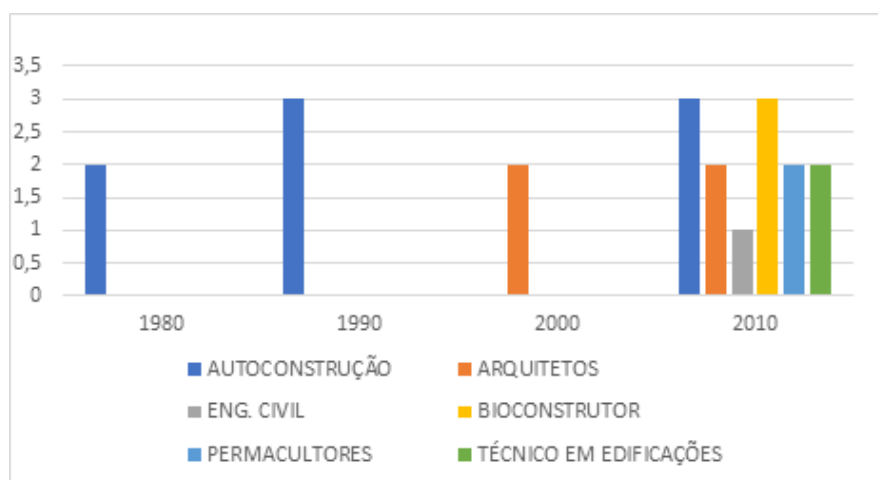


Figura 5 – Profissionais ao longo das décadas

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do panorama da Arquitetura e Construção com Terra - ACT no Ceará, processa-se que, a década de 2010 foi marcada por um crescimento intenso das obras em terra, com diversificação das técnicas, profissionais e tipos arquitetônicos. Este crescimento justifica-se pela maior difusão da construção em terra principalmente por cursos de permacultura. E apresenta uma tendência de crescimento para as demais décadas.

Ao final da pesquisa identificaram-se os especialistas que detêm mais obras no Estado, assim como os pioneiros na construção no Estado.

Mesmo com o crescimento das obras de ACT no Ceará, a presença de habilitados com graduação na área da construção civil que trabalha com ACT ainda é pequena, isso se deve ao fato da pequena difusão deste conhecimento dentro das faculdades. Quanto ao tipo, sucede uma diversidade de usos, como residências unifamiliares, centros culturais, hospedaria e espaços comunitários sejam cozinhas e/ou banheiros. Porém, o que prevalece são as residências unifamiliares.

Por fim, conclui-se que, com essa pequena amostragem, que há uma tendência de crescimento da ACT no Ceará, assim como tem ocorrido em outros estados do Brasil. Um meio de ampliar a difusão do conhecimento é a sua inserção em disciplinas curriculares de cursos vinculados à construção civil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCÂNTARA, M. de A.; SILVA, M. L.; PARENTE, J. M. N.; PINHEIRO, D. T. (2018). Análise de soluções construtivas para arquitetura vernácula em adobe. Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil, 7. Anais... Rio de Janeiro: TerraBrasil/UFRJ.
- AMARAL, A. L.; RODRIGUES, L. F.; COSTA, L. I. PINHEIRO, L. T.; AGUIAR, M. F. P. (2019). Estudo do emprego do adobe em obras sustentáveis no Estado do Ceará. Congresso Brasileiro de Geotecnia Ambiental, 9; Congresso Brasileiro de Geossintéticos, 8. São Carlos, SP: IGS-Brasil/ABMS.
- CARVALHO, R. M. (2012). Soluções para a construção de habitação em adobe a custos controlados. Tese (doutorado) Universidade de Aveiro, Portugal
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010). Censo 2010. IBGE
- LOPES, W. G. R. (1998). A taipa de mão no Brasil: levantamento e análise de construções. São Carlos 1998. 232p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura, área de concentração: Tecnologia do Ambiente construído)-Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- MACÊDO, D.; TORRES, C.; OLIVEIRA, C. W.; ALVES, F. D. M.; PONTES, T. B. (2012). Casas de taipa na zona rural Juazeiro do Norte: de ameaça a saúde a solução para sustentabilidade. Encontro Universitário da UFC no Cariri, 4. Juazeiro do Norte: UFC

PALITOT, E. M. (2007). Conflitos socioambientais e disputas territoriais : a RPPN Serra das Almas e os Tabajara de Crateús / CE .

PINHEIRO, L. T.; CARVALHO, B. R.; VARUM, H. S. A.; SILVA, A. C. (2016). Construção em terra crua contemporânea : mapeamento dos escritórios e construtoras no Brasil e em Portugal. li Congresso Luso-Brasileiro de Materiais de Construção Sustentáveis, .

PROMPT, C. H.; LIBRELOTTO, L. I. (2018). Arquitetura e construção com terra. Congresso de Arquitetura e Construção com terra no Brasil, 7. Anais... Rio de Janeiro: TerraBrasil/UFRJ

UNEP (2020). Emissões do setor de construção civil atingiram recordes em 2019 - relatório da ONU. Disponível em <https://www.unep.org/pt-br/noticias-e-reportagens/comunicado-de-imprensa/emissoes-do-setor-de-construcao-civil-atingiram> Acesso em: 15 de junho de 2021

VIEIRA, C. N. (2018). Legitimação da precariedade da taipa de mão no Brasil por políticas públicas de habitação rural, entre outros. In: Anais do 18º Seminário Iberoamericano de Arquitectura y construcción con tierra, 18, 2018, La Antigua Guatemala: Guatemala, 2018, p. 446-458.

WEIMER, G. (2005). Arquitetura popular brasileira. São Paulo: Martins Fontes.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Mapa da Terra, a rede Terra Brasil, ao Instituto Federal de Educação Campus Quixadá e a todos os entrevistados que contribuíram para o desenvolvimento desta pesquisa.

AUTORES

Pedro Henrique Albuquerque Peixe, arquiteto pela UNIFOR, mestrando Arquitetura Sustentável pela Universidade de Buenos Aires, membro do grupo de pesquisa Panorama da Terra em parceria com a organização Mapa da Terra.

Herbeson Mikson Lessa Santos, acadêmico em Engenharia Civil; técnico em Administração; membro do Laboratório de Tecnologia do Semiárido (LABTS); coordenador CREA-Jr do Núcleo Sertão Central. Currículo completo em <http://lattes.cnpq.br/2378686486545420>

Levi Teixeira Pinheiro, mestre em tecnologia em projeto e tecnologia do ambiente construído pelo programa do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Estruturas e Construção Civil da Universidade Federal do Ceará; doutorando em Engenharia Civil pela Universidade do Porto; líder do grupo de pesquisa Laboratório de Tecnologias para o Semiárido (LABTS) e membro da Rede TerraBrasil. Currículo completo em <http://lattes.cnpq.br/4862466549549026>

Leticia Grappi, arquiteta e urbanista pela Universidade Federal da Bahia, co-criadora da plataforma cartográfica de construções com materiais naturais mapadaterra.org e membro da Rede TerraBrasil. Currículo acadêmico em <http://buscatextual.cnpq.br/buscatextual/visualizacv.do>

Sumara Lisbôa, mestre em tecnologia em projeto e tecnologia do ambiente construído pelo programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Santa Catarina; arquiteta e urbanista no escritório Bio Arquitetura & Construção Sustentável; membro do conselho consultivo da Rede TerraBrasil e da coordenação geral do Congresso TerraBrasil 2022. Currículo completo em <http://lattes.cnpq.br/8941486904640537>.



PANORAMA DOS PROFISSIONAIS DA ARQUITETURA E CONSTRUÇÃO COM TERRA NA REGIÃO SUL DO BRASIL

Cecília Prompt¹; Sumara Lisboa².

¹ Margem Arquitetura, Brasil, ceciprompt@gmail.com

² Rede TerraBrasil, Brasil, arquitetasumara@gmail.com

Palavras-chave: Inventário, arquitetura contemporânea com terra, sustentabilidade

Resumo

A arquitetura e construção com terra (ACT) cada vez mais se evidencia como construções sustentáveis. Este artigo foi elaborado para contribuir com a oitava edição do Congresso de Construção com Terra no Brasil (TerraBrasil 2022), realizado na Universidade Federal de Santa Catarina em Florianópolis. O objetivo principal desta pesquisa é caracterizar o perfil dos profissionais atuantes na ACT na região Sul do Brasil com aplicação de entrevista estruturada, cuja base amostral fundamentou-se em panoramas já elaborados anteriormente. Os resultados obtidos indicam que há um perfil homogêneo de profissionais, cuja maioria conheceu a ACT a partir de formações complementares e tem seus trabalhos com foco na sustentabilidade em edificações. Constata-se que a influência da Rede TerraBrasil ainda é ínfima na região, porém, em contrapartida, é crescente e importante a pesquisa científica atualmente desenvolvida.

1 INTRODUÇÃO

A realidade nacional sobre a Arquitetura e Construção com Terra (ACT) é uma premissa da Rede TerraBrasil (RTB) que, desde 2007, desenvolve ações congregando instituições, entidades de classe e toda a sociedade envolvida no tema. A rede realiza a cada dois anos o Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil – TerraBrasil, que trata dos aspectos referentes à teoria e à aplicação da ACT. Em seus Anais, desde o TerraBrasil 2014, além dos artigos científicos e informes técnicos, publica a categoria denominada projetos e obras (P&O), que destaca valiosas contribuições de diversos profissionais, permitindo registrar um acervo das edificações de terra no Brasil. A oitava edição, TerraBrasil 2022, realizada pela primeira vez na região Sul, organizada pelo Departamento de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Santa Catarina, foi reagendada para 2022.

Atualmente a RTB conta com a presença de 68 membros, sendo que 53% encontram-se na região Sudeste, 18% na região Sul, 16% na região Nordeste, 6% Centro-Oeste, 3% no Norte e 3% no exterior.

A região Sul, constituída pelos estados do Paraná (PR), Santa Catarina (SC) e Rio Grande do Sul (RS), apresenta ampla ocorrência de exemplos de ACT com manifestações históricas de técnicas como a terra escavada, ranchos de torrão de leiva de grama e abrigos indígenas tradicionais. Adicionalmente, é uma região com ampla atuação de movimentos sociais rurais, que adotam a terra como material de construção, como forma de resistência cultural e pela busca de uma construção mais sustentável. A arquitetura contemporânea com terra também ocorre amplamente e de forma crescente nesta região.

1.1 Objetivo

O objetivo deste artigo é caracterizar o perfil dos profissionais atuantes na ACT na Região Sul do Brasil.

Os objetivos secundários são:

- Quantificar o número de profissionais da construção civil que utilizam técnicas de construção com terra no desenvolvimento de seus trabalhos;
- Identificar sua formação profissional - arquitetos, engenheiros civis, técnicos em edificação e demais profissionais envolvidos à construção - e as circunstâncias motivadoras de seu envolvimento nesta área;
- Reconhecer a motivação dos profissionais quanto ao uso do material e como cada um desenvolve seus projetos, pesquisas, acompanhamento e execução de obras;
- Estimular o levantamento em outras regiões do país, tendo como produto final o panorama de profissionais da ACT a nível nacional.

1.2 Métodos, ferramentas e materiais

Este trabalho foi desenvolvido com base na pesquisa qualitativa de essência exploratória. Foi dividido em três fases: pesquisa bibliográfica em livros, teses e dissertações a respeito da ACT; entrevista estruturada com profissionais da área; e tratamento de dados.

O desenvolvimento da entrevista estruturada contou com um cronograma de execução (tabela 1) elaborado para o Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos (CEPSH/USFC), aprovado sob o parecer 3.947.297 de 1 de abril de 2020, o qual salvaguarda os interesses dos participantes da pesquisa em sua integridade e dignidade.

O roteiro da entrevista teve, como base, a análise de conteúdo (Bardin, 2011). Dentre as diversas técnicas da análise de conteúdo, optou-se pela categorização, com a segmentação por temas, resultando em um questionário com 31 perguntas separadas por cinco seções: (1) aceite do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE); (2) identificação e formação do profissional; (3) desenvolvimento de projeto ou execução de obra, (4) motivação para atuação em ACT e (5) pesquisa científica em ACT. O procedimento de coleta de dados ocorreu com auxílio da ferramenta Formulário Google e a análise dos dados seguiu três fases principais: pré-análise com a exploração do material; tratamento das respostas; e, a inferência. Foram utilizados dados quantitativos por gráficos para algumas ilustrações.

A amostra de profissionais da ACT foi elaborada com base nos seguintes referenciais teóricos:

- Pinheiro et al. (2016), levantamento no portal da CAPES e consulta em sites de construtoras e escritórios nacionais especializados em construções com terra;
- Faria, Beltrame e Alonge (2016), síntese em bases de dados brasileiras de dissertações e teses;
- Prompt e Librelotto (2018), lista de obras com terra no estado de Santa Catarina;
- e, Lisboa (2019), levantamento no portal da CAPES e em páginas web e mídias sociais, de obras ecológicas e escritórios especializados na região Sul.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A ACT faz parte da história da humanidade, sendo utilizada em todos os continentes desde o início das civilizações (figura 1). Torgal *et al.* (2009) estima que, na atualidade, cerca de 50% da população mundial vive em construções com terra.

Os materiais naturais como fibras, madeiras, pedras e terra foram os primeiros utilizados pelo homem. Somente mais tarde foram desenvolvidos ligantes para uso em argamassas e concretos. Com o advento da industrialização, o uso de materiais naturais foi relegado ao desuso e pouco utilizado na arquitetura. Passa a predominar o uso do concreto armado, do aço e de fachadas envidraçada a exemplo do chamado estilo internacional, desconsiderando-se muitas vezes as condições locais (Zambrano, 2008).



Figura 1. Ocorrência da arquitetura e construção com terra no mundo (CRAterre, 201-)

Paralelamente ao uso de materiais industrializados, surgem os movimentos ambientalistas e, com estes, o conceito de arquitetura sustentável (Keller; Buker, 2010), ressurgindo o emprego do material terra como uma possibilidade para construções de baixo impacto ambiental (Neves; Faria, 2011).

O arquiteto egípcio Hassan Fathy (1900-1989), cujas primeiras ações, na década de 1940¹, tratavam do uso de materiais locais e respeito à cultura construtiva, principalmente na área rural do seu país, representa o marco do ressurgimento da arquitetura de terra na contemporaneidade.

Na década de 1970 na América Latina, sobretudo no México e Peru, devido à presença de construções de épocas pré-hispânicas e coloniais, muitos arquitetos passam a se interessar pelo material. Taveira (2002, p.36) comenta que “... as principais tendências foram à restauração, a arquitetura vernácula e as tecnologias alternativas”.

Os exemplos mais antigos de construções com terra e materiais naturais no Brasil datam de 1750 a.C., e foram registrados na região Sul do país, usadas por tribos indígenas. Estas abriam buracos no solo e cobriam com palha, galhos, pedras e fibras (Weimer, 2005). Depois, com a colonização, os portugueses e africanos escravizados introduziram a construção com taipa de pilão e taipa de sebe (de mão ou pau a pique); os imigrantes alemães e italianos, na região conhecida como Vale Europeu em Santa Catarina, introduziram as construções denominadas enxaimel, com a estrutura de madeira preenchida com terra, ligantes e fibras (Kanan, 2008).

A ACT no Brasil perdurou até os dias atuais, principalmente nas áreas rurais, devido à sabedoria popular, disponibilidade de material local e, principalmente, por uma questão de sobrevivência. A partir da década de 1990, a ACT, enquanto solução contemporânea para a produção de edificações sustentáveis, passa a ser divulgada pela permacultura² (Lelis; Heise, 2016). Neste contexto surge o termo bioconstrução³, que tem como vantagens, principalmente a médio e longo prazo, o ganho em qualidade de vida e economia, influenciando na preservação dos ambientes natural e construído.

¹ <http://www.arqpop.arq.ufba.br/construindo-com-o-povo-arquitetura-para-os-pobres>

² A permacultura é definida como “[...] o design consciente de ecossistemas de produção agrícola e de conservação energética, estabelecidos com resistência, estabilidade, dinâmica e diversidade de sistemas naturais” (Mollison, 1990, apud Vieira, 2015, p. 19).

³ Para Prompt (2008, p. 9) trata-se da “...construção de ambientes sustentáveis por meio do uso de materiais de baixo impacto ambiental, adequação da arquitetura ao clima local e tratamento de resíduos.”

Pinheiro *et al.* (2016) realizaram um panorama da construção com terra nos últimos 60 anos no Brasil. Os autores apontam a diferença intuitiva e conceptual de formas de modelo ou tipos, sejam elas habitacional, comercial, institucional, industrial e obras de arte; como também, a melhoria das técnicas construtivas e o surgimento de mão de obra especializada, tanto na área de projetos quanto na execução de obras.

Bayer (2010) afirmou que a arquitetura com terra no Brasil encontra-se em processo de desenvolvimento em especial nas regiões centro, norte e nordeste do país devido ao clima mais favorável; Prompt (2012) destaca experiências realizadas no Sul do Brasil.

No panorama de produção científica da ACT contemporânea, Faria *et al.* (2016) realizaram um levantamento das pesquisas em cada estado brasileiro nos últimos anos (até 2020). A maior parte dos trabalhos foi produzida entre os anos de 1988 e 2015 e, do total das pesquisas levantadas, 16% aconteceram na Região Sul.

Em Santa Catarina, o precursor contemporâneo das técnicas com terra foi Silveira (1994) com relato de atividades de produção relativas a tijolos de solo estabilizado (bloco de terra comprimida - BTC) para habitação de interesse social (HIS). Desde então, no programa de Pós-Graduação em arquitetura e urbanismo (PósARQ/UFSC), especialmente através do Virtuhab e do Laboratório de Conforto Ambiental (Labcon), foram publicadas mais cinco pesquisas: Prompt (2012), Santos (2015), Lisbôa (2019), Dal Soglio (2019), Prompt (2021).

Quanto ao panorama de obras, segundo o estudo de Prompt e Librelotto (2018), em Santa Catarina, percebe-se a tendência ao aumento do uso de técnicas de construção com terra nos últimos dez anos, com maior concentração das edificações na região oeste e na região litorânea (figura 2). Nos outros Estados, Paraná e Rio Grande do Sul até o momento não se tem conhecimento de pesquisas neste âmbito.

Dentre os tipos analisados, a maior parte é de uso residencial e, em relação ao tipo de mão de obra, prevalecem os casos de autoconstrução. Quanto à quantificação das técnicas construtivas, a taipa de mão foi a mais executada, sendo a terra ensacada, o adobe e o *cordwood* em menor quantidade, e, por fim, em menor número, o BTC e a taipa de pilão.

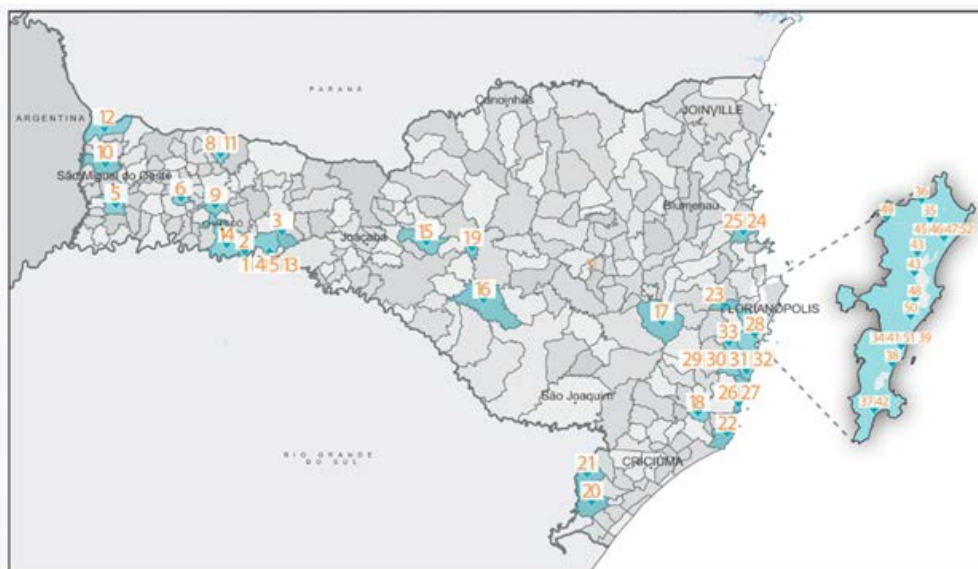


Figura 2. Distribuição das edificações construídas com terra em Santa Catarina (Prompt; Librelotto, 2018)

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da pesquisa bibliográfica foi possível identificar os profissionais ligados à ACT, confirmando, previamente, um por um, sua atuação com ACT, antes de realizar a entrevista. A pesquisa qualitativa contou com a participação de 73 entrevistados, sendo 4 excluídos por residirem fora da Região Sul, totalizando 69 entrevistas. Os participantes assinaram o TCLE

(seção 1) exigido pelo CEPESH/USFC e concordaram em participar da amostra como voluntários, de forma confidencial e anônima.

Na pré-análise foram estabelecidas categorias relacionadas aos principais campos de interesse no formulário, separadas de acordo com as seções de 2 a 5. As respostas dos entrevistados foram adicionadas ao formulário; para aquelas de múltipla escolha, foram gerados gráficos com demonstração da porcentagem referente a cada item; para as questões abertas (números 21, 32, 33 e 34), realizam-se as categorizações com a distribuição percentual das respostas e uniformização dos termos utilizados.

3.1 Tratamento das respostas

Seção 2 - Identificação e formação profissional

Em relação à localização dos profissionais, as respostas foram categorizadas por Estado: 54,0% encontram-se em SC, 22,2% em RS, 12,7% em PR e 11,1% estão em outras situações. No mapa da figura 3, visualiza-se a predominância de profissionais no litoral de SC, especialmente em Florianópolis e na região metropolitana de Porto Alegre (RS).

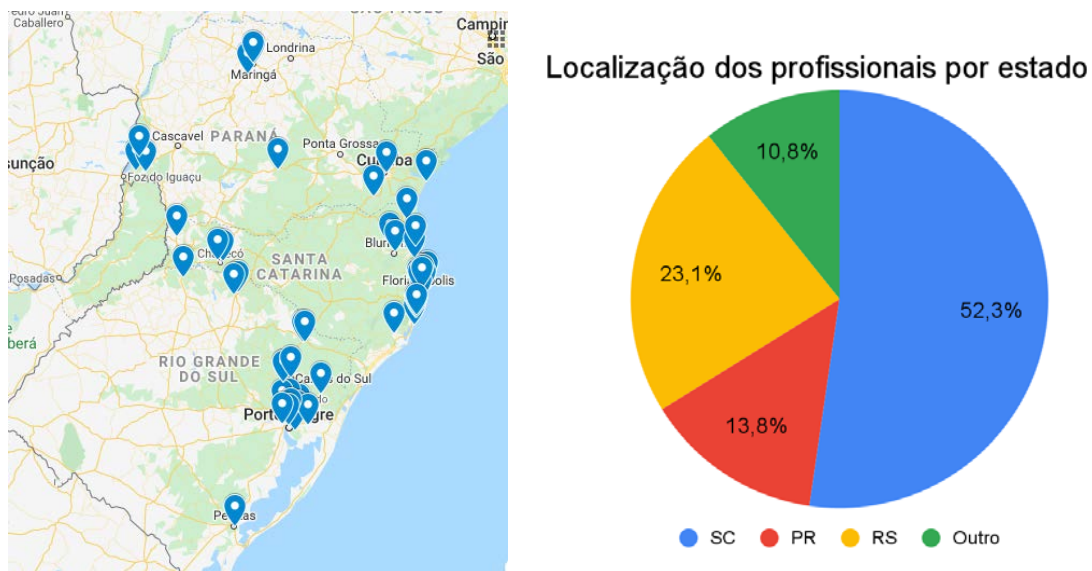


Figura 3. Localização dos profissionais nos três Estados da Região Sul

Em relação à formação, foram estabelecidas quatro opções: arquiteto e urbanista, engenheiro civil, técnico em edificação e outra. Como resultado tem-se: 58% são arquitetos e urbanistas, 14,5% são engenheiros civis e 1,4% possuem ambas formações. Importante salientar que 26% dos entrevistados assinalaram outra formação, destacando a presença de 8 construtores, os quais aprenderam seus ofícios em cursos de bioconstrução, 4 oceanógrafos, 2 historiadores, e outras profissões com apenas um representante, como: administração, artes plásticas, design, engenheiro mecânico, comunicador social, gestão ambiental e psicologia (figura 4a).

A maioria dos entrevistados (79,7%) declarou que não havia o tema da ACT na grade curricular durante sua formação profissional. Independente da formação acadêmica, os entrevistados informaram que receberam as seguintes formações complementares: 27,5% dos entrevistados afirmam ter realizado curso de permacultura; 16,5% curso de bioconstrução; 16,5% na área de sustentabilidade; 4,6% em geobiologia e 2,8% em eficiência energética em edificações. Ainda, 11,9% dos entrevistados marcaram a resposta “nenhuma” e 20,2% “outra” (figura 4b). No campo “outra”, foram citadas as áreas do bambu, solos, saneamento, designer de interiores, vivências inclusive em voluntariado.

Em relação ao tempo de atuação profissional, a maior parte dos participantes, cerca de 36,2% afirmaram que atuam num período de 0 a 5 anos na área da ACT, logo em seguida,

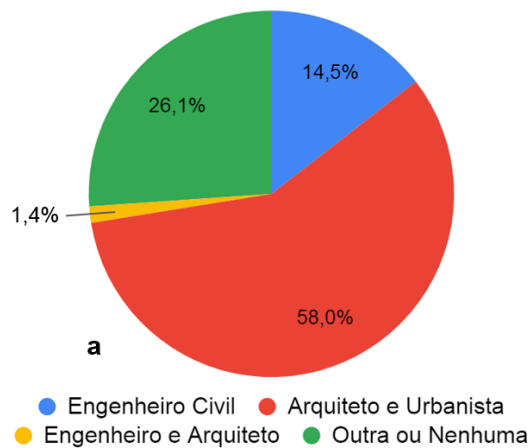
21,7% entre 5 a 10 anos, depois 17,4% entre 10 a 15 anos, 15,9% entre 15 a 20 anos e, por último, 8,7% dos profissionais afirmaram atuar há mais de 20 anos (figura 5a).

Em relação ao tipo de atuação profissional, foram incluídas as seguintes categorias: construtora, ensino pesquisa e extensão, escritório, autônomo e outros; 58,5% dos profissionais indicaram somente uma forma de atuação, 29,2% indicaram duas e 12,3% três ou mais. Das formas de atuação a mais citada foi autônomo, com 40,8% do total; em seguida atuação com ensino, pesquisa e extensão com 17,5%; escritório com 18,4%; outros com 14,7% e construtora com 8,7% (figura 5b). Na categoria outros foram citados fábrica de tijolos de solo-cimento, mutirões em comunidades indígenas, execução ou acompanhamento de obra, autoconstrução, capacitação de mão de obra, história e fotografia.

A maioria dos profissionais (71%) não é integrante da Rede TerraBrasil; 26% são integrantes da Rede e 2,9% nunca ouviram falar (figura 6a). Ainda, 27,5% dos participantes afirmam fazer parte de outros grupos que envolvem diretamente a ACT.

Dos entrevistados, 88,4% afirmaram já haver desenvolvido projeto ou obra de ACT (figura 6b).

Formação profissional



Formações Complementares

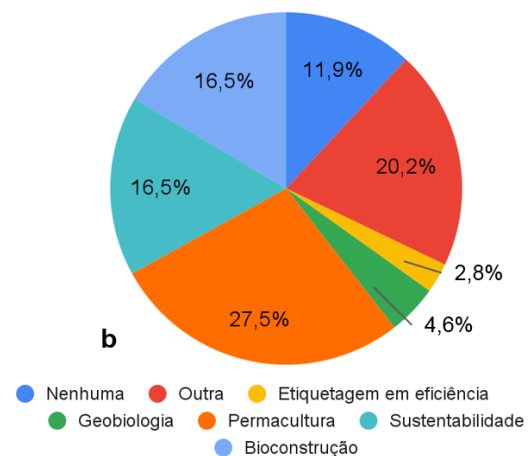
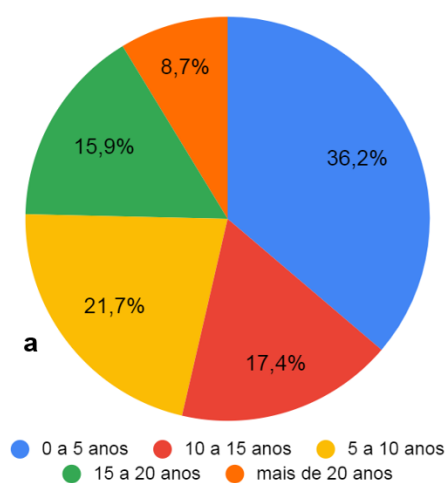


Figura 4 – Formação dos entrevistados: a) profissional; b) complementar

Há quantos anos atua com ACT?



Qual sua forma de atuação?

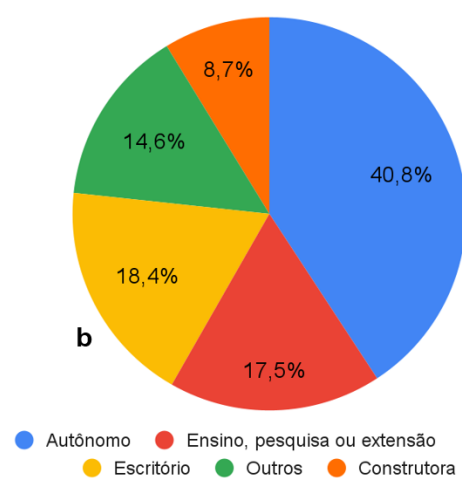


Figura 5 – Atuação profissional: a) tempo; b) mais frequente

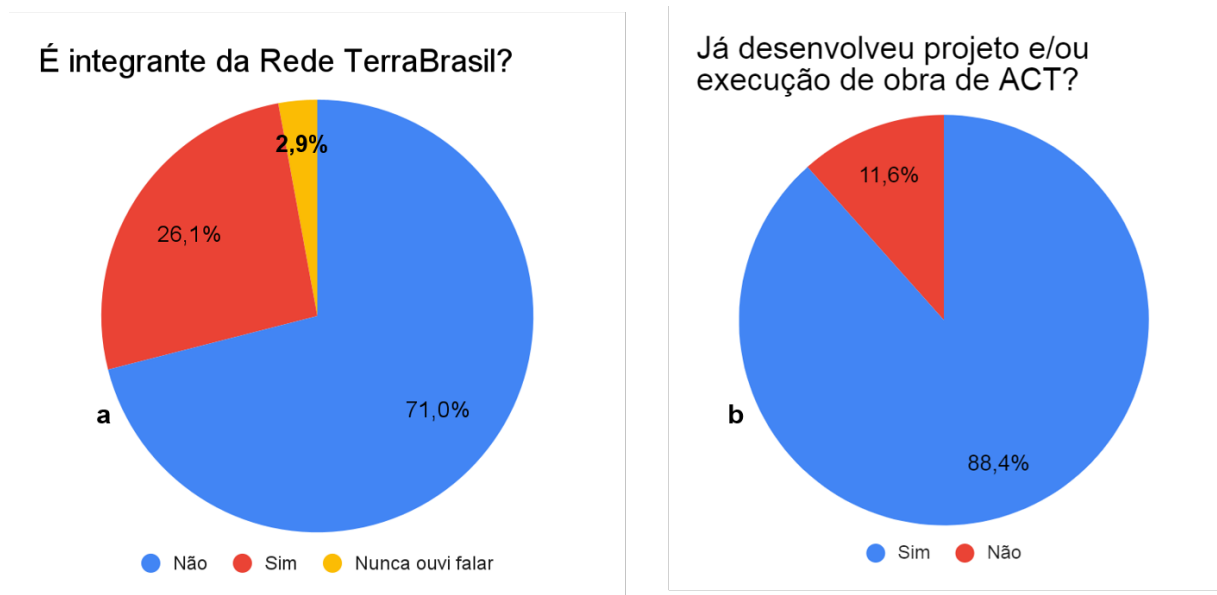


Figura 6 – a) Relação com a RTB; b) Experiência com ACT

Seção 3 – Desenvolvimento de projeto ou execução de obra

Nesta seção apenas 61 profissionais afirmaram já ter desenvolvido este tipo de atividade. Quando questionados se utilizam alguma norma para projetar ou construir, 50,8% dos entrevistados afirmaram que sim. Foram citadas diversas normas brasileiras e, entre elas, as normas do adobe e de tijolos e blocos de solo-cimento, específicas da ACT.

Os entrevistados foram questionados a respeito do desenvolvimento de projetos arquitetônico, estrutural, de instalações elétricas e hidráulicas (figura 7).

Quais os projetos que já desenvolveu associado aos seus trabalhos com ACT?

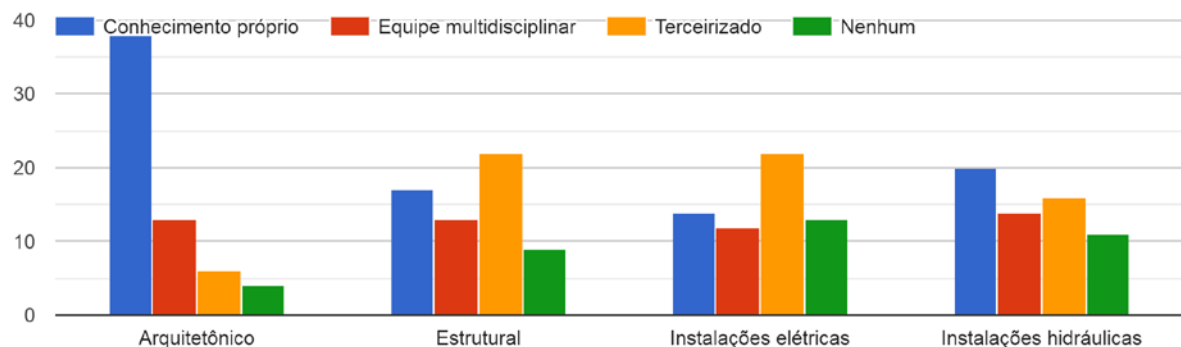


Figura 7. Desenvolvimento de projetos relacionados à construção com terra

Em relação ao projeto arquitetônico, 62,3% desenvolvem a partir de conhecimento próprio, 21,3% junto a equipes multidisciplinares, 36,1% de forma terceirizada e 6,6% não realizam.

Em relação aos projetos estruturais, 36,1% desenvolvem de forma terceirizada, 26,7% a partir de conhecimento próprio, 21,3% junto a equipes multidisciplinares e 14,8% não realizam. Em relação aos projetos de instalações elétricas, 36,1% desenvolvem de forma terceirizada, 23% a partir de conhecimento próprio, 19,7% junto a equipes multidisciplinares e 21,3% não realizam. Em relação aos projetos de instalações hidráulicas, 32,8% desenvolvem a partir de conhecimento próprio, 23% junto a equipes multidisciplinares, 26,2% de forma terceirizada e 18% não realizam.

Em resposta à pergunta - quais destas técnicas já utilizou? (figura 8) - os dados obtidos foram: 77% dos entrevistados já utilizaram técnicas mistas (pau a pique, cordwood, taipa japonesa); 63,9% já utilizaram revestimentos à base de terra; 50,8% tintas à base de terra;

49,2% o adobe; 45,9% o BTC; 42,6% terra ensacada; 19,7% a taipa de pilão e 14,8% já utilizaram o COB.

Quais técnicas de construção com terra já utilizou?

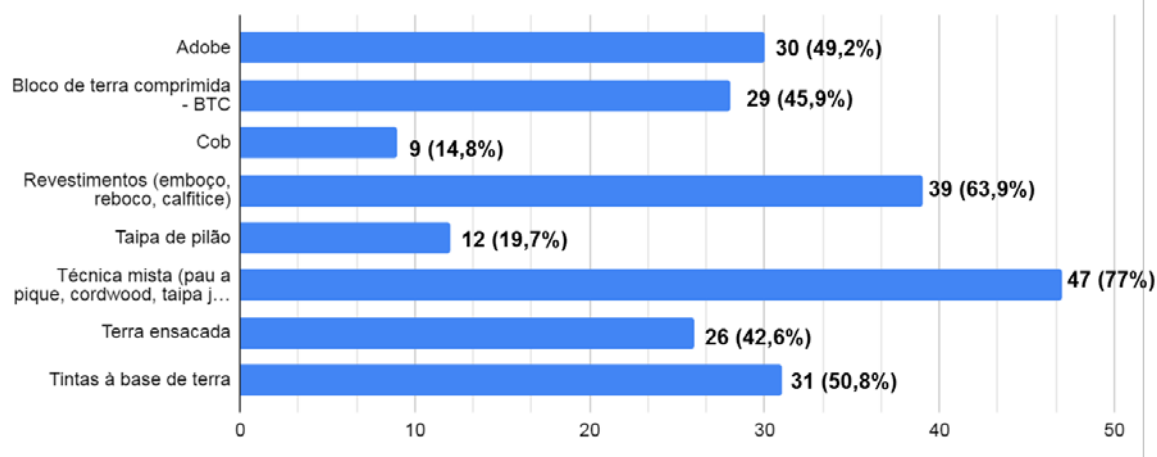


Figura 8. Técnicas de construção com terra mais utilizadas.

Em seus projetos, os profissionais afirmaram utilizar outras estratégias para a sustentabilidade nas edificações além da ACT. Nesta questão foram citadas 188 termos divididos nas seguintes categorias: (1) bioclimatismo, eficiência energética e conforto ambiental; (2) materiais e técnicas; (3) resíduos; (4) água; (5) outros e (6) questões socioculturais.

A categoria (1) bioclimatismo, eficiência energética e conforto ambiental foi a mais citada, correspondendo a 37,9% das respostas. Nesta categoria os termos mais citados foram “bioclimática”, “ventilação natural” e “iluminação natural”. A categoria (2) materiais e técnicas correspondeu a 17% das respostas e aqui as respostas mais citadas foram “coberturas ajardinadas” (45,5%), “materiais locais” (21,2%) e “reaproveitamento de materiais” (15,2%). As categorias (3) água e (4) resíduos correspondem, cada uma, a 11,5% das respostas. Em “água” a resposta predominante foi “captação de água pluvial” com 85,7% da categoria. Em “resíduos” a resposta predominante foi referente a “saneamento ecológico”. Não foi citada nesta categoria a gestão de resíduos da própria construção.

A categoria (5) outras correspondeu a 15,9% das respostas e nesta foram citadas as temáticas de produção de alimentos, design permacultural, manutenção e durabilidade. A categoria (6) questões socioculturais obteve 6% das respostas e os temas citados foram mão de obra local, autonomia, mutirão, pertencimento, engajamento, sensibilização e atendimento às necessidades dos clientes.

Na questão – quais outros materiais e técnicas de construção aliam à ACT em seus projetos e obras – foram obtidas 132 respostas. As respostas predominantes foram madeira ou estrutura de madeira, com 27,3%; bambu com 12,1%; “pedra” com 12,1%. Dentre as demais respostas estão concreto armado (6,8%) e alvenaria de tijolos cerâmicos (3%).

Em relação à execução de obra, 63,9% dos profissionais não dispõe de mão de obra própria. Um total de 57 dos 69 profissionais afirmou ter tido alguma experiência em obra. Destes, 39 declararam já haver atuado com administração de obra; 41 já atuaram como mão de obra; 38 realizando consultoria e 11 de outras formas, onde a participação em mutirões foi citada cinco vezes. Além do mais, 70,5% dos profissionais declararam já ter ministrado cursos ou oficinas de sensibilização na área da ACT e 55,7% declararam já ter realizado capacitação de mão de obra profissional.

Seção 4 – Motivação para atuação em ACT

Esta seção busca traçar o caminho que levou os profissionais a trabalharem com a ACT, considerando de que forma tiveram contato com o tema pela primeira vez e o que os motivou a atuar na área.

Quando questionados sobre como tomaram contato com a ACT pela primeira vez, a maior parte dos profissionais assinalou a opção “curso” (24,6%), seguida das opções “movimento estudantil” (13%) e “com algum profissional” (13%). A opção “internet” teve 10,1% das respostas, “leitura de bibliografia física” 8,7%, “orientação de pesquisa” 4,3% e “extensão universitária” 2,9%. A opção “outros” correspondeu a 21,7% das respostas e nesta os profissionais apontaram meios como viagem, durante a graduação, através da permacultura com ou sem ecovilas, mestrado, através do patrimônio histórico construído e diversos meios (figura 9).

Em relação à quais as principais motivações para atuar em ACT, 59 profissionais assinalaram “baixo custo”; 51 “conforto ambiental”; 50 por “ideal de vida”; 47 pela busca da “justiça social”; 29 “baixo custo”; 24 “busca por um novo mercado de trabalho”; 16 “pesquisa científica” e 7 “solicitação do cliente”. Três profissionais assinalaram “outros” e as respostas tiveram relação com o caráter artístico da ACT.

Como tomou conhecimento pela primeira vez da ACT?

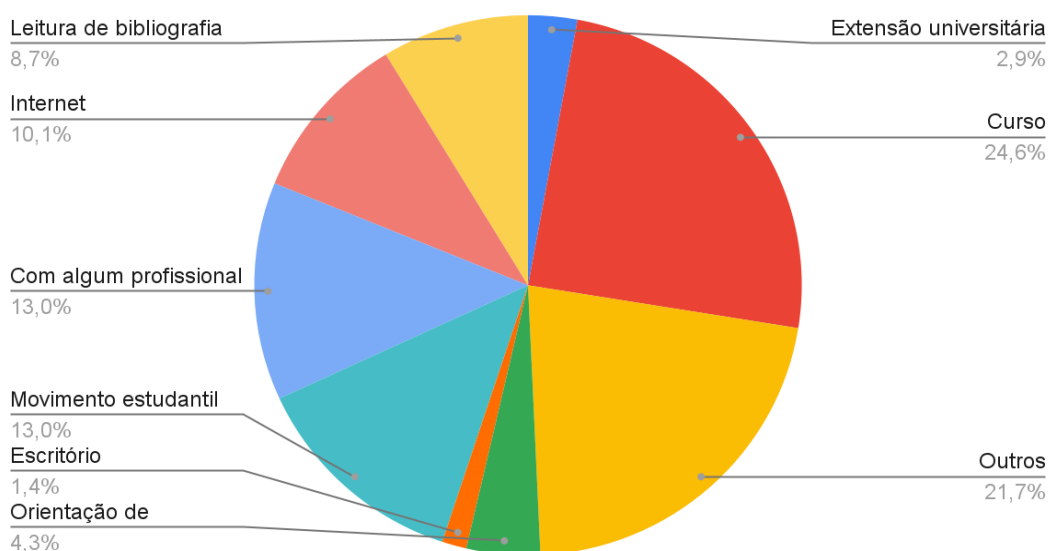


Figura 9. Motivação para atuação em ACT

Seção 5 - Pesquisa científica em ACT

Em relação à área da pesquisa científica, 10,6% possuem título de doutorado, 10,6% de mestrado e 4,5% possuem especialização. Ainda, 7,6% fizeram trabalhos de conclusão de curso ou iniciação científica na área da ACT.

As pesquisas publicadas apontadas pelos profissionais contemplam os seguintes temas: argamassa de revestimento com terra aplicada em protótipo de bambu da UFSC (Vitor *et al.*, 2020); trabalho de conclusão de curso com projeto em ACT (Bariviera, 2020); trabalho de conclusão de curso com aplicação de técnicas de ACT em uma ecovila (Souza, 2008); análise comparativa de tipologias habitacionais em territórios M'bya Guarani (Zanin, 2008); execução de dez moradias em BTC em assentamento rural (Mira, 2007); projeto de extensão a respeito da taipa de pilão na Universidade Federal da Integração Latinoamericana (UNILA).

Em relação às vantagens da ACT, sob ponto de vista dos profissionais, os termos mais citados foram: baixo impacto ambiental, conforto ambiental, baixo custo, saúde e sustentabilidade. Em relação às desvantagens da ACT, foram citadas a dificuldade em obter

mão de obra especializada, falta de padronização do material, dificuldade para a aplicação da ACT em maior escala, manutenção diferenciada e a falta de cultura construtiva.

Quando questionados a respeito de sua percepção sobre a evolução da ACT, a maior parte dos profissionais compreende que existe um avanço. As questões que refletem este avanço são: maior divulgação das técnicas, aumento no número de pesquisas científicas, maior número de profissionais com capacidade técnica e maior procura por pessoas que desejam um modo de vida saudável.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa mostra uma considerável predominância de profissionais no Estado de SC, mais especificamente na região litorânea. A proximidade do litoral pode ter relação com predominância de centros urbanos mais desenvolvidos e a presença de cursos de pós-graduação na qual o tema é estimulado e o número de pesquisas crescente.

Quanto à titulação, sugere-se que o fato da maioria ser arquitetos uma relação com a base de formação destes profissionais, sendo os cursos de arquitetura mais voltados à soluções inovadoras para o uso de construções mais sustentáveis.

Grande parte dos profissionais buscou o conhecimento acerca da ACT em formações complementares vinculadas à permacultura, atuando como mão de obra, e até mesmo no acompanhamento e execução de obras. Esta realidade modifica-se com o avanço de pesquisas acadêmicas. Percebe-se também que, através da pesquisa na área, impulsionada por indivíduos dentro de determinadas instituições, pode-se avançar o conhecimento e, conseqüentemente, a tecnologia. A presença de trabalhos de conclusão de curso (TCC) em arquitetura com uso de ACT aponta para uma consciência a respeito da tecnologia desde a graduação.

Essa pesquisa também revelou uma diversidade de profissões não ligadas diretamente a construção civil, mas que produzem ACT. Atribui-se a esta diversidade o ensino da construção com terra estimulado por centros de aprendizados desvinculados das instituições de ensino superior, por meio de cursos de bioconstrução e permacultura. Devido a este fato, salienta certa quantidade de pessoas que atuam com ACT sem qualificação profissional na área da construção civil, sem mesmo elaborar projeto arquitetônico e outros projetos complementares importantes para qualidade das construções.

Em relação às estratégias projetuais utilizadas junto à ACT, percebe-se uma homogeneidade nas respostas, apontando para uma visão embasada na sustentabilidade das edificações em todos os seus âmbitos, mas, em especial, à adequação bioclimática das edificações, uso de telhados verdes e cuidados com os resíduos. A homogeneidade é verificada também em relação ao uso de outros materiais associados à terra em projetos e obras.

Em relação às vantagens, desvantagens e a evolução da tecnologia, percebe-se que a maior dificuldade que os profissionais encontram é a falta de mão de obra especializada. Nota-se que muitos têm a percepção de que uma das vantagens é o baixo custo para a execução da obra, e considera-se que este fator possa influenciar tanto na dificuldade de obter-se uma boa mão de obra quanto na própria evolução da ACT, uma vez que o baixo custo não é, necessariamente, uma característica direta da tecnologia.

O aprimoramento do conhecimento da ACT deve ser estimulado por meio da formação científica, a qual possibilita a criação de uma cadeia construtiva com os serviços técnicos especializados, exigindo uma formação de mão de obra com qualidade e o incentivo do uso de normas específicas, sejam nacionais ou internacionais. Neste sentido a Rede TerraBrasil poderá desempenhar um papel importante para esta cadeia construtiva qualificada ao estimular o desenvolvimento deste panorama a nível nacional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARDIN, L. (2011). *Análise de conteúdo*. São Paulo: Edições 70.
- BARVIERA, Cássio Alexandre (2017). *Escola viva de permacultura*. Trabalho Final de Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Universidade Federal da Fronteira Sul. Erechim, 2017. Disponível em <<https://rd.uffs.edu.br/handle/prefix/4277>>
- BAYER, A. (2010). *Proposta de diretrizes para o desenvolvimento da arquitetura em terra no Rio Grande do Sul, a partir da interpretação de estratégias uruguaias*. Dissertação Mestrado. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- CRATERRE (201-). *Galeria de imagens, Geografia*. Disponível em <http://craterre.org/accueil:galerie-des-images/default/gallery/38/gallery_view/Gallery> . Acesso em 31 de outubro de 2021.
- DAL SOGLIO, C. (2019). *Comportamento higrotérmico de ambientes internos com paredes em adobe: Estudo de caso em edificação residencial em Florianópolis/SC*. Dissertação de Mestrado. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina.
- FARIA, O. B.; BELTRAME, A. S. D.; ALONGE, F. A.(2016). *Breve panorama do ensino e pesquisa sobre arquitetura e construção com terra no Brasil*. Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil, 6. Anais... Bauru: TerraBrasil/UNESP. p.267-278
- KANAN, M. I. (2008). *Os materiais de terra nos sistemas construtivos da arquitetura da imigração na região da antiga colônia de Blumenau em Santa Catarina*. In: Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil. Anais... São Luis: UEMA / PROTERRA/ TerraBrasil, p.379-387
- KELLER, M.; BURKE, B.(2010). *Fundamentos de projeto de edificações sustentáveis*. Porto Alegre: Bookman.
- LELIS, N.; HEISE, A. (2016). *Arquitetura contemporânea no Brasil*. In: Correia, M. et al. (ed.) *Arquitetura de Tierra en América Latina*. Lisboa: Argumentum Edições. p. 237-240
- LISBÔA, S. (2019). *Painel de pau a pique - bambu e terra - na Ilha de Santa Catarina*. Dissertação de Mestrado. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina.
- MIRA, Fárida Mirany de (2007). *Assentamento Justino Draezelwisky, Araquari - SC: um projeto de sustentabilidade*. Monografia apresentada para obtenção do título de especialista em planejamento e gestão ambiental da Universidade da Região de Joinville - UNIVILLE. Joinville.
- NEVES, C. M. M.; FARIA, O. B. (2011) *Técnicas de construcción con tierra*. Bauru: Universidade Estadual Paulista e Rede Ibero-americana PROTERRA
- PINHEIRO, L. T.; RANGEL, B.; VARUM, H. S. A.; SILVA, A. C.(2016). *Construção em terra crua contemporânea: mapeamento de escritórios e construtoras no Brasil e Portugal*. Congresso Luso-brasileiro de Materiais de Construção Sustentáveis, 2. João Pessoa. Disponível em <<https://pt.scribd.com/document/363713611/Construcao-Em-Terra-Crua-Contemporanea-Mapeamento-Dos-Escritorios-e-Construtoras-No-Brasil-e-Em-Portugal>>
- PROMPT, C. H. (2012). *Arquitetura de terra em unidades agrícolas familiares: estudo de caso no oeste catarinense*. Dissertação de Mestrado. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina.
- PROMPT, C. H. (2021). *Avaliação da sustentabilidade em arquitetura e construção com terra: estudo de caso no Oeste catarinense*. Tese de Doutorado. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina.
- PROMPT, C. H.; LIBRELOTTO, L. I. (2018). *Arquitetura e construção com terra em Santa Catarina*. Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil, 7. Anais.... Rio de Janeiro. TerraBrasil/UFRJ. p.346-355.
- PROMPT, C. H.; LIBRELOTTO, L. I. (2019). *Avaliação da sustentabilidade em arquitetura e construção com terra - Adaptação do Método Versus em Santa Catarina*. Seminário Arquitetura Vernácula, 2. Belo Horizonte, Brasil.
- SANTOS, C. A. (2015). *Construção com terra no Brasil: panorama, normatização e prototipagem com terra ensacada*. Dissertação de Mestrado. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina.
- SILVEIRA, W. J. C. (1994). *Sistemas construtivos para habitação de interesse social*. Dissertação de Mestrado. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina.

SOUZA, Daniele Tubino Pante de (2008). Ecovila Ekoa. Trabalho de conclusão de curso de graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. Disponível em <<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/15779>>

TAVEIRA, E. S. N. e (2002). Tradição, culturas construtivas e modernidade nas arquiteturas de terra. Dissertação de Mestrado. Campinas: Universidade Estadual de Campinas. Disponível em <<https://1library.org/document/qm0jo74y-tradicao-culturas-construtivas-modernidade-nas-arquiteturas-de-terra.html>>

TORGAL, F. P.; EIRES, R. M. G.; JALALI, S. (2009) Construção em terra. Minho: Guimarães.

VIEIRA, A. A. (2015). Bioconstrução: uma revisão bibliográfica do tema e uma análise descritiva das principais técnicas. Trabalho de Conclusão de Curso. Brasília: Universidade de Brasília.

VITOR, A. O.; LISBÔA, S.; LIBRELOTTO, L. I. (2020). Argamassa de revestimento com terra: finalização do protótipo experimental em bambu da IFSC. MIX Sustentável, v.6, n.1, p.29-44

ZAMBRANO, L. M. A. (2008). Integração dos princípios da sustentabilidade ao projeto de arquitetura. Tese de Doutorado. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro.

ZANIN, Nauíra Zanardo (2008). Abrigo na natureza: construção Mbyá-Guarani, sustentabilidade e intervenções externas. Dissertação apresentada para obtenção do título de mestre em Engenharia Civil do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.

WEIMER, G. Arquitetura Popular Brasileira. São Paulo: Editora Martins Fontes, 2005.

AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem a todos os profissionais que colaboraram respondendo à entrevista.

AUTORAS

Cecília Prompt é arquiteta e doutora em Arquitetura e Urbanismo pelo PósARQ - UFSC. Proprietária da Margem Arquitetura, atua profissionalmente com projetos arquitetônicos com foco em sustentabilidade e arquitetura e construção com terra, com trabalhos realizados em treze estados brasileiros. Tem experiência de atuação em unidades de conservação e com agricultores familiares. É membro da Rede TerraBrasil desde 2010 e coordena o Congresso TerraBrasil 2022. Como pesquisadora, investiga o tema avaliação da sustentabilidade na arquitetura e construção com terra.

Sumara Lisbôa é atualmente membro do conselho consultivo da Rede TerraBrasil, em 2019 obteve título de mestre em Projeto e Tecnologia do Ambiente Construído pelo PósARQ/UFSC, em 2007 se tornou sócia-fundadora do Instituto ÇaraKura - IÇARA e em 2005 sócia-fundadora da ONG Associação Catarinense do Bambu - BAMBUSC, desde 2003 logo após sua graduação em arquitetura e urbanismo, pela UFSC, fundou o escritório BioArq&co com desenvolvimento de projeto e execução de edificações com enfoque na sustentabilidade.

ARTIGOS CIENTÍFICOS
INFORMES TÉCNICOS



Tema 4

Ensino, capacitação e transferência tecnológica

Trabalhos que apresentem resultados de ações particulares ou institucionais voltadas a estas atividades, tais como: projetos de extensão universitária; discussão e contribuições sobre práticas, experiências e modelos de capacitação, transferência de tecnologia, planos de ensino, banco de dados.



ARQUIVO *TEMPLATE* AUTODESK REVIT® PARA ENSINO DO SISTEMA CONSTRUTIVO DE BLOCOS DE TERRA COMPRIMIDA

Sergio Parizotto Filho

Instituto Federal de Santa Catarina - campus Florianópolis; SC, Brasil, sergio.parizotto@ifsc.edu.br

Palavras-chave: construção com terra, modelagem da informação da construção, alvenaria modular

Resumo

Dentre o meio profissional da arquitetura e construção com terra, muito se discute quanto as estratégias de difusão de conteúdos técnicos pertinentes ao desenvolvimento de construções com terra nos cursos de Arquitetura, Engenharia e Construção, visando aumentar a abordagem destes conteúdos dentro do meio acadêmico. Dentre as possíveis estratégias, encontra-se a adequação metodológica às inovações tecnológicas do setor da construção, principalmente quanto ao uso de novas ferramentas de projeto. Este artigo apresenta e discute a construção de um arquivo modelo (*template*) para o desenvolvimento de projetos de alvenaria modular com blocos de terra comprimida (BTC). Tal arquivo foi desenvolvido para utilização com o *software* Autodesk Revit® com o objetivo de melhorar a capacidade de compreensão dos alunos dos cursos técnicos em edificações do Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC) quanto as potencialidades deste sistema construtivo modular. O desenvolvimento do *template* foi realizado através da parceria entre disciplinas de desenho auxiliado por computador e disciplinas de tecnologia da construção civil, alinhando-se, além dos objetivos didáticos, a estratégia nacional de disseminação do *Bulding Information Modeling* (BIM). Como resultado deste trabalho apresenta-se um método para a criação de *templates* que podem ser aplicados para auxiliar no processo de ensino-aprendizagem de projetos com BTC e também de outros sistemas de construção com terra, tais como taipa compactada, adobe, terra ensacada, dentre outros. A modelagem de informação da construção auxilia os alunos na compreensão integral do processo construtivo, aumentando o poder instrumental de visualização, funcionando como catalisador entre as disciplinas de projeto e tecnologias da construção.

1 INTRODUÇÃO

No meio técnico dos construtores e pesquisadores das construções com terra, muito se discute sobre a inserção da cultura construtiva das arquiteturas de terra nos currículos formais dos cursos de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) como estratégia de disseminação destas tecnologias entre os futuros profissionais destas áreas.

Além de se contar com uma baixa porcentagem de escolas que incluem o assunto nas ementas de suas disciplinas de cunho tecnológico (Faria et al., 2016), as que o fazem, em sua maioria, trabalham dentro de uma abordagem mais teórica do que prática, conforme apontado por Carneiro (2018). Este mesmo autor propõe a difusão destes conhecimentos a partir de uma relação intrínseca entre teoria e prática como maneira efetiva de popularização da arquitetura e construção com terra (ACT).

Em conjunto com a necessidade de aprofundamento das experiências práticas, tais quais os bem sucedidos canteiros experimentais (Minto, 2009), considera-se fundamental um maior aprofundamento nas atividades de projeto voltadas aos conhecimentos específicos dos sistemas construtivos com terra, tal qual o sistema de construção com blocos de terra comprimida (BTC), onde a lógica modular e de aproveitamento dos vazados dos tijolos para embutimentos de subsistemas da construção implica em um processo de representação gráfica mais detalhado, baseado na representação de fiadas e de elevações bloco a bloco, além da representação de outras soluções específicas.

Por mais desejável que seja a existência de laboratórios de modelos físicos, materiais e técnicas construtivas, ou ainda no melhor dos cenários, a existência de um canteiro

experimental, essa infelizmente não é a realidade para a grande maioria dos cursos de AEC no Brasil. Por sua vez, os laboratórios de computação gráfica presentes nestes cursos podem ser utilizados para suprir tal deficiência, utilizando a simulação digital como ferramenta didática, propiciando uma aproximação entre os estudantes e aquilo que ainda lhes é abstrato, aumentando assim o nível de entendimento das soluções construtivas que farão parte de suas atividades laborais.

A partir desta contextualização, entende-se a modelagem da informação da construção (*Building Information Modeling / BIM*), em exponencial ascensão mundial e também nacional, como potente ferramenta complementar nos processos de transferência de conhecimentos acerca de sistemas de construção, dentre eles os de construção com terra, uma vez que tal metodologia baseia-se na modelagem virtual da construção com elevado grau de detalhamento e armazenamento de informações. No caso do sistema em BTC, o detalhamento da construção se faz bloco a bloco, modelando-se também todos os subsistemas embutidos nos septos dos blocos, aumentando-se consideravelmente seu entendimento no contexto acadêmico e sua construtibilidade no contexto das atividades de um canteiro de obras de ACT.

O Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC) adotou a utilização da plataforma BIM nos cursos Técnicos em Edificações no ano de 2014. Neste mesmo ano, o governo do estado de Santa Catarina lançou o Caderno de Especificações de Projetos em BIM (Governo..., 2014), caminhando antecipadamente em direção as orientações propostas pelo Decreto nº 9.983/2019 acerca da estratégia nacional de disseminação do BIM (BRASIL, 2019) e pelo Decreto nº 10.306/2020 que prevê a utilização do BIM nas obras públicas de forma gradual a partir de 2021 (BRASIL, 2020).

Além de algumas das disciplinas de desenho auxiliado por computador, a modelagem BIM passou a ser utilizada também dentro de algumas disciplinas de tecnologia da construção como estratégia de aprimoramento das ilustrações técnicas apresentadas, assim como ferramenta de exercícios projetuais direcionada a sistemas construtivos modulares, como a alvenaria estrutural de blocos de concreto e blocos cerâmicos, as construções secas em gesso acartonado e placas cimentícias e o processo de construção modular em BTC.

2 OBJETIVO

Este artigo apresenta e discute a construção de um arquivo modelo (*template*) para o desenvolvimento de projetos de alvenaria modular com BTC.

Tal arquivo foi desenvolvido para utilização com o *software* Autodesk Revit® com a finalidade de melhorar a capacidade de compreensão dos alunos dos cursos técnicos em edificações do Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC) quanto as potencialidades deste sistema construtivo modular. O método aqui apresentado pode ser replicado para utilização com outros sistemas construtivos modulares e outros sistemas de construção com terra. Vale lembrar que este *software* pode ser utilizado gratuitamente através de uma licença educacional, obtida mediante comprovação de vínculo (matrícula) com cursos das áreas de AEC.

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 Contextualização

Nas disciplinas de tecnologia do último semestre dos cursos Técnicos em Edificações do IFSC, aborda-se, dentre outros sistemas construtivos, os sistemas de construções com terra, com enfoque mais abrangente no sistema de construção modular com BTC. Neste tópico, em conjunto com o conteúdo teórico e atividades práticas no laboratório de tecnologias construtivas (fabricação dos blocos e elevação de protótipos de paredes), realiza-se um exercício de modulação em laboratório de computação gráfica, onde os alunos desenvolvem a adaptação de um projeto convencional para um projeto modular,

representando as plantas de primeira e segunda fiadas e uma das elevações da edificação abrangendo soluções construtivas de aberturas (portas e janelas). Tradicionalmente o exercício era realizado no *software* AutoCAD®, em duas dimensões. Considerando-se que neste último semestre os alunos também aprendem a utilização do *software* Autodesk REVIT®, planejou-se a migração do exercício para a plataforma BIM, a fim de se ampliar o potencial de visualização e entendimento dos processos de coordenação modular. Para tal, necessitou-se da criação de um arquivo *template* preparado com configurações básicas e carregado em bibliotecas específicas para otimização do tempo de realização do exercício dentro do prazo disponível. A seguir, são descritas as principais ações utilizadas para a construção deste *template*.

3.2 Configurações iniciais (unidades e níveis)

Ao iniciar o programa, a primeira ação é definir sua utilização para criação do *template*, acessando-se a opção "novo modelo" no painel cinza lateral direito (na tela de boas vindas) e na sequência escolhendo-se a opção "criar novo modelo de projeto", baseado no "modelo de arquitetura". A partir daí, inicia-se o processo de definição das configurações iniciais, onde serão atribuídas importantes definições para o processo de modelagem, preparando e otimizando o ambiente de trabalho.

A primeira e mais básica destas configurações é a configuração das unidades de projeto. Levando-se em consideração que as dimensões dos BTCs são comumente definidas em centímetros e que as dimensões de projeto serão definidas a partir de um processo de coordenação modular, entende-se ser mais produtivo trabalhar com as unidades de projeto em centímetros, não sendo esta porém uma obrigatoriedade no processo. Para definição das unidades acessa-se a ferramenta "unidades do projeto" na aba "gerenciar", onde pode-se realizar a configuração de diversas unidades como comprimento, área, volume, inclinação, dentre outras (figura 1).

Ainda nesta caixa de diálogo, que também pode ser acessada pelo atalho de teclado digitando-se as teclas "UN", é importante definir a utilização do caracter "ponto" para agrupamento de dígitos e o caracter "vírgula" para separação decimal em consonância com o sistema internacional de unidades. Essa configuração pode ser realizada acessando-se as opções do menu "símbolo decimal/agrupamento de dígitos".

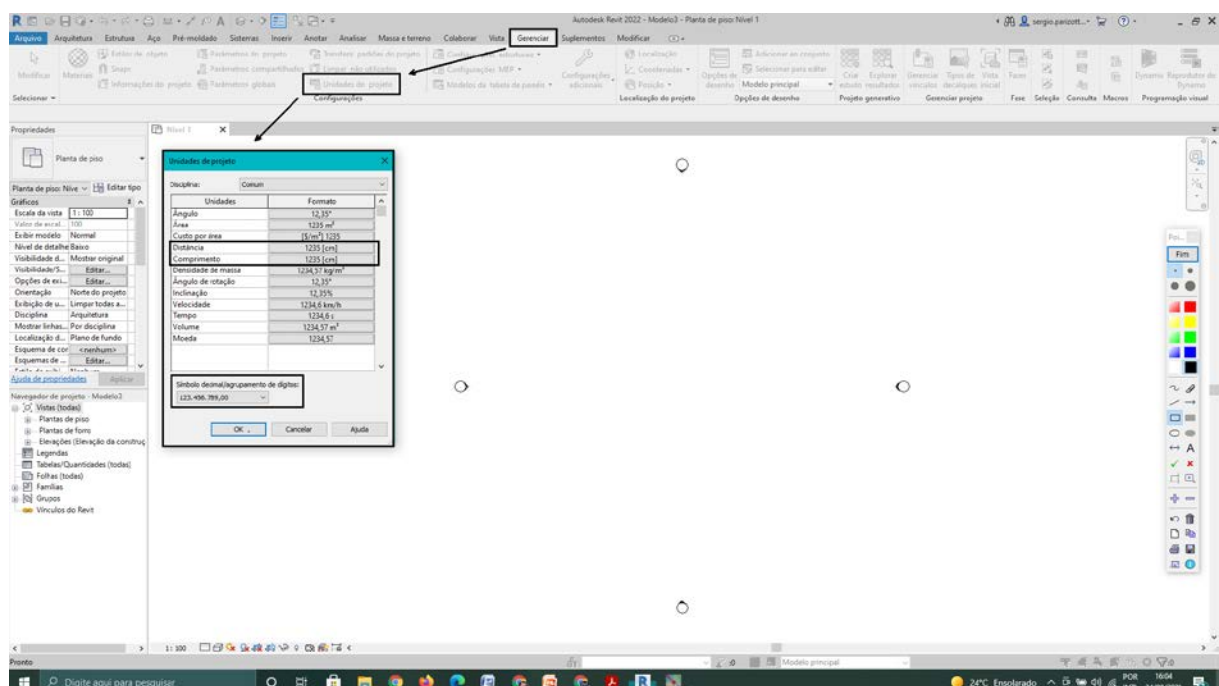


Figura 1. Processo de configuração das unidades (crédito: S.F. Parizotto)

A próxima configuração a ser realizada é a dos níveis de projeto, onde no caso das

construções com BTC, serão definidos os níveis das fiadas estratégicas. A visualização, edição e criação destes níveis só é possível nas vistas de cortes ou elevações.

Por padrão, a configuração inicial de criação do modelo utilizada traz apenas dois níveis de projeto: o nível 1 na cota de altura 0 cm e o nível 2 na cota de altura 400 cm. Ambos níveis serão aproveitados e renomeados para "01 - primeira fiada" e "02 - segunda fiada", respectivamente, mantendo-se a altura original para o primeiro e alterando-se a altura do segundo para a altura do BTC a ser utilizado no projeto (7 cm por exemplo). Os nomes e valores dos níveis são editados clicando-se sobre eles (um primeiro clique para seleção e um segundo clique para habilitar o campo editável).

A partir daí, criam-se novos níveis para as demais fiadas estratégicas: "03 - contraverga", "04 - verga", "05 - cinta" e "06 - laje osso", considerando-se neste exemplo uma habitação térrea. A depender da complexidade do projeto pode-se haver a necessidade de criação de níveis extras. A opção pela numeração dos nomes se dá em função de deixar os níveis organizados no navegador de projeto (organização via ordem alfabética). A criação de um novo nível se dá através da ferramenta "nível", presente na aba "arquitetura" (ou via teclado digitando-se as teclas "LL"). A figura 2 mostra os níveis de projeto criados para este exemplo didático, destacando-se o caminho de acesso para criação de um novo nível e a organização dos mesmos no navegador de projeto.

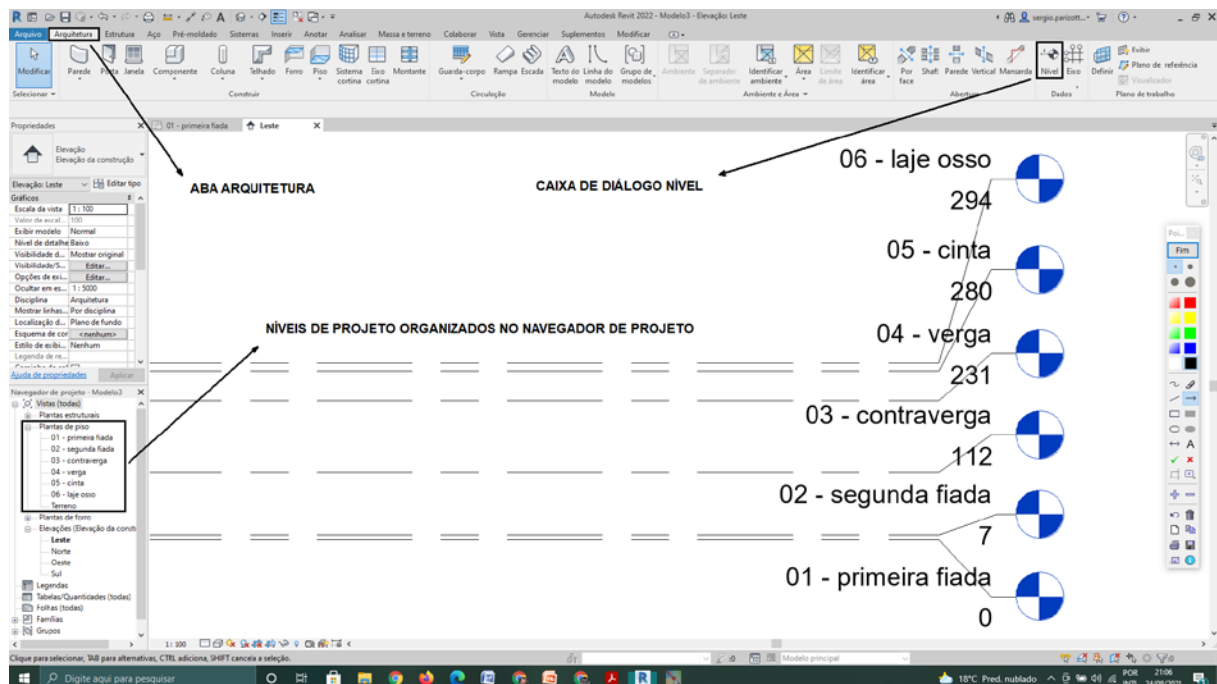


Figura 2. Processo de criação e configuração dos níveis de projeto (crédito: S.F. Parizotto)

3.3 Modelagem dos BTCs (famílias)

O carregamento prévio dos componentes que representarão os BTCs no arquivo modelo é de fundamental importância para dinamização dos trabalhos. Para tal, é necessária a modelagem prévia de cada tipo constituinte. Componentes desta natureza são disponibilizados comercialmente ou gratuitamente em *sites* específicos da *internet*. Pesquisas nos buscadores digitais em palavras chaves como "revit", "família" e "BTC" farão o direcionamento para uma listagem destes *sites*.

Porém, objetiva-se aqui mostrar as possibilidades do *software* no processo de modelagem de famílias com as dimensões e designs específicos desejados, uma vez que existe grande variabilidade destes aspectos na cadeia produtiva dos BTCs e que as famílias encontradas podem não ser aquelas que cumpram a função desejada dentro do planejamento de atividades projetuais e práticas conjugadas (utilizar nas atividades de projeto a mesma família de BTC que será utilizada nas atividades práticas de fabricação dos blocos e

elevação dos protótipos de paredes).

Cada bloco deverá ser modelado isoladamente, gerando-se um arquivo de extensão ".rfa" para cada um. De volta a tela de boas vindas do programa, o caminho para acessar o ambiente de modelagem de famílias se dá também através do painel cinza lateral direito, acessando-se agora a opção "nova família", escolhendo-se o arquivo *template* "modelo genérico métrico.rft" e clicando-se em abrir.

O processo de modelagem completo de um objeto de geometria complexa é trabalhoso e demanda conhecimentos de modelagem geométrica, onde a criação de sólidos ocorre por meio de comandos de extrusão e de revolução de um perfil, assim como através dos processos de edição de sólidos por comandos de união, subtração e intersecção (operações booleanas). A descrição completa do processo de modelagem do bloco principal de uma família específica de BTCs pode ser encontrada em Parizotto (2021).

A partir do entendimento e apropriação do processo de modelagem do bloco principal, pode-se modelar qualquer bloco da família, através de modificações da geometria inicial (blocos canaleta, meio blocos e blocos com as mais diversas adaptações comumente utilizados no processo de construção com BTC. Na figura 3 é apresentado o resultado final da modelagem do bloco principal (esquerda) apresentada em Parizotto (2021) e as variações que podem ser obtidas a partir do processo de edição do mesmo (direita).

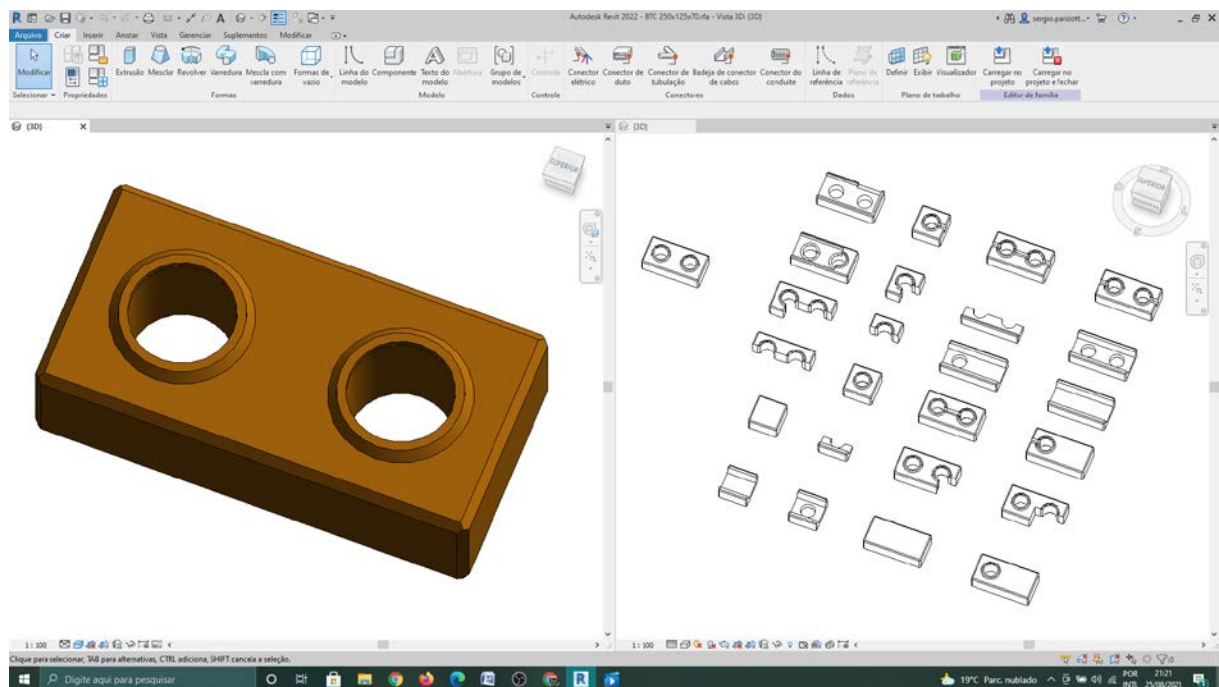


Figura 3. Modelagem do bloco principal da família de BTCs e suas variantes (crédito: S.F. Parizotto)

Além da modelagem dos blocos, pode-se modelar também os componentes que ficarão embutidos na alvenaria de BTC, como elementos estruturais, elétricos e hidráulicos. Estas famílias podem ser encontradas mais facilmente na internet, disponibilizadas gratuitamente em diversos *sites*.

3.4 Carregamento das famílias de blocos no arquivo modelo

Com as configurações básicas realizadas e com o processo de modelagem das famílias finalizado, o arquivo *template* pode ser carregado com os arquivos das famílias de blocos e demais subsistemas (extensão .rfa). O processo de carregamento de famílias pode ser feito acessando-se a ferramenta "componente", presente na aba "arquitetura". Ao acessar este comando, a "faixa *ribbon*", na qual estão as ferramentas do programa, agrupadas por contexto nas abas, modifica-se para a "barra de opções", onde estará presente a ferramenta "carregar família". Clicando-se nesta, abre-se uma caixa de diálogo para localização e seleção dos arquivos que serão carregados no *template* (figura 4).

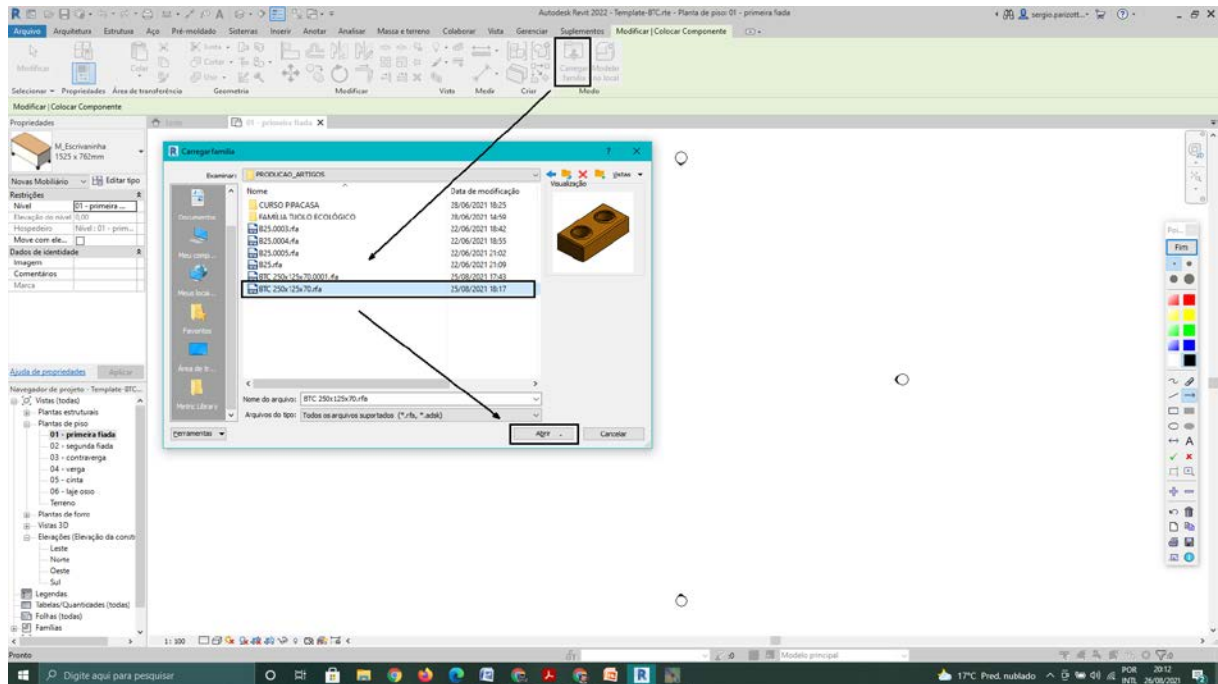


Figura 4. Processo de carregamento de famílias (crédito: S.F. Parizotto)

Efetuada o carregamento de todas as famílias no arquivo *template*, pode-se então salvar o arquivo e utilizá-lo para iniciar uma nova modelagem. Este processo realiza-se novamente através do acesso ao painel cinza lateral direito na tela de boas vindas do programa, acessando-se a opção "novo modelo" e na sequência clicando-se em "procurar" para localizar e selecionar o arquivo *template* criado. Feito isto, seleciona-se a opção "criar novo projeto" e clica-se em "ok".

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Ensino-aprendizagem de sistemas construtivos com terra no contexto BIM

Ao armazenar diversas informações do processo construtivo e da tecnologia dos materiais em conjunto com o objeto modelado tridimensionalmente em um único projeto digital, abre-se o caminho da autonomia projetual com maior nível de eficiência, revolucionando-se positivamente a criação da arquitetura e seus espaços construídos.

Programas de modelagem da informação da construção aumentam a compreensão didática do funcionamento dos sistemas construtivos. No caso da alvenaria modular de BTC, providenciam a visualização detalhada de toda modulação bloco a bloco, destacando-se blocos estratégicos para encontros de paredes e para moldagem de elementos estruturais como vergas, contravergas e cintas de amarração, permitindo ainda a visualização de todos os subsistemas embutidos nos vazados dos blocos, como por exemplo o embutimento da estrutura (figuras 5 e 6).

Na construção com BTC, além da produção especializada destes elementos estratégicos durante o processo de fabricação, existe também a necessidade da pré-fabricação dentro do canteiro de obras, principalmente em operações de modificação dos blocos (serviços de serragem, por exemplo). Nos programas BIM, além da visualização facilitada do posicionamento de tais elementos, obtém-se quantitativos automatizados dos diferentes tipos de blocos, facilitando o processo produtivo antecipado, seja ele em fábrica quando possível ou através de atividades no canteiro de obras, prévias ao processo de elevação da alvenaria.

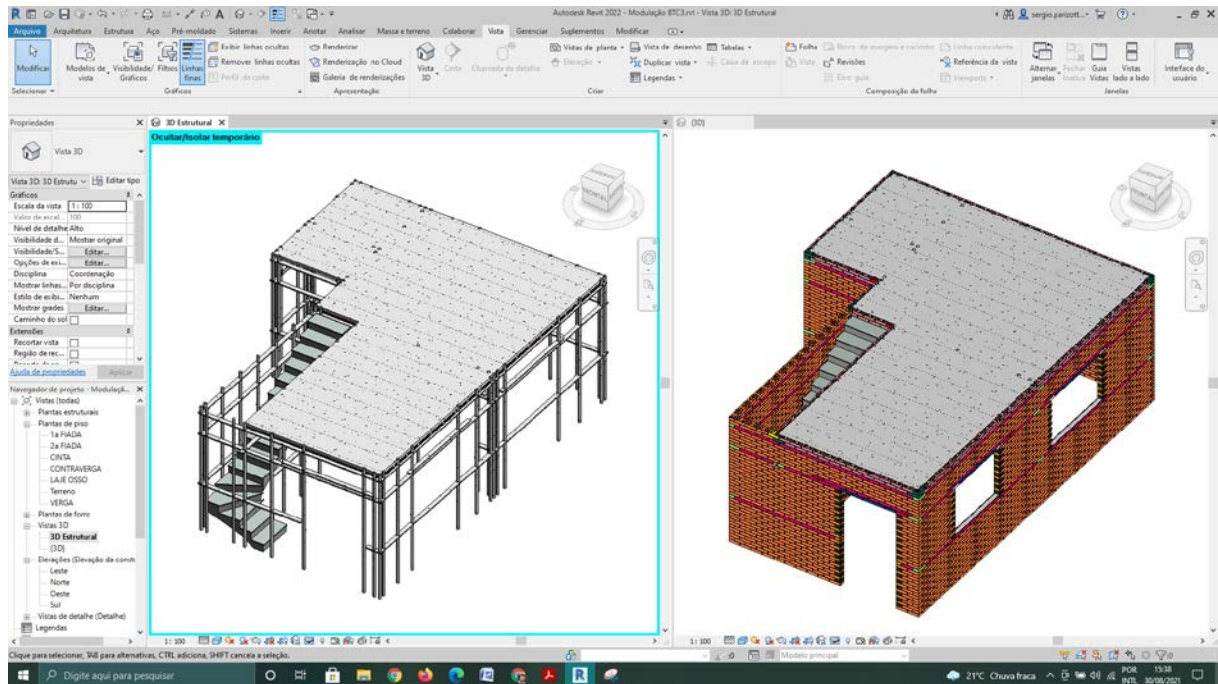


Figura 5. Visualização detalhada da modulação e soluções estruturais (crédito: S.F. Parizotto)

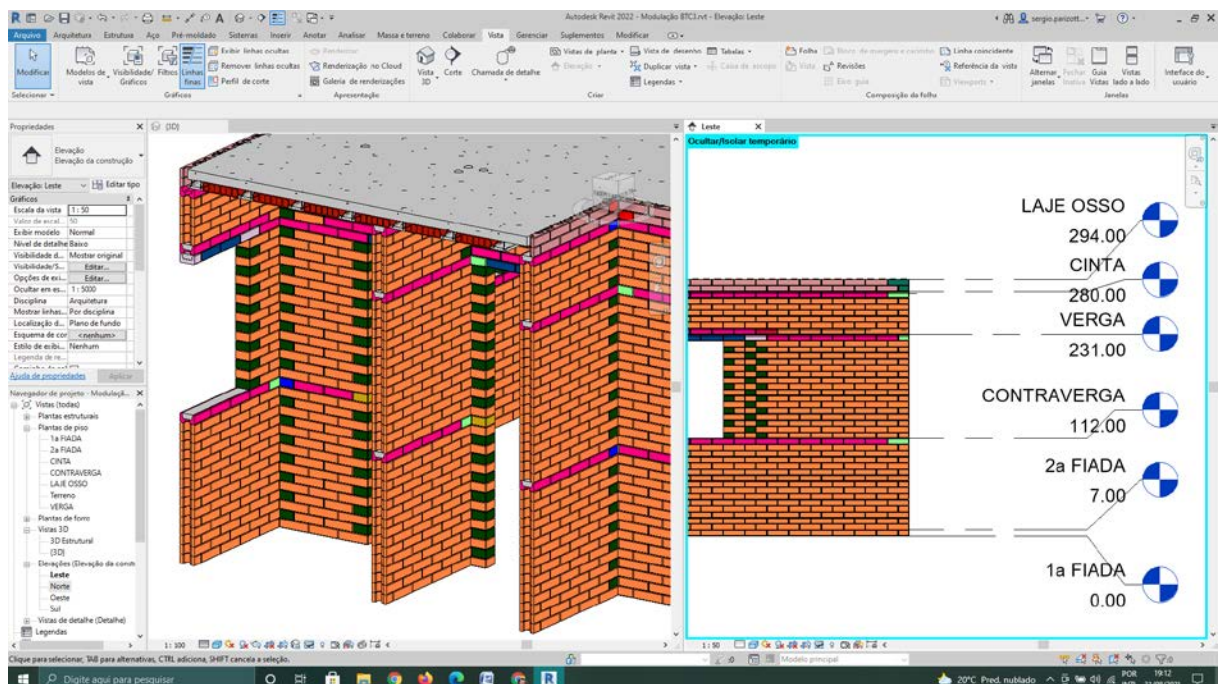


Figura 6. Visualização detalhada da modulação e soluções estruturais (crédito: S.F. Parizotto)

Percebe-se que além dos objetivos didáticos, a utilização deste tipo de modelagem vai de encontro aos objetivos de racionalização e produtividade da construção, configurando-se como um dos desafios do setor a serem superados nos próximos anos, juntamente com o desafio da sustentabilidade.

Outro ponto alto da modelagem da informação da construção é a extração automatizada de todos os produtos necessários a um processo otimizado de gestão do ciclo de vida da edificação. A partir da construção virtual, todos os produtos de projeto são obtidos automaticamente (plantas, cortes, elevações, detalhes, perspectivas, tabelas, estudo solar e diversas outras simulações) além da possibilidade de utilização dos recursos da realidade aumentada durante os períodos de execução, operação, manutenção e renovação.

A utilização da modelagem da informação da construção nos processos de ensino-aprendizagem dos cursos das áreas de AEC auxilia os alunos na compreensão integral do processo construtivo, configurando-se como importante estratégia de promoção de integração entre as disciplinas de projeto e de tecnologias da construção, podendo melhorar o poder instrumental de visualização dos alunos na trajetória da apropriação dos conhecimentos técnicos, aumentando também as possibilidades de estudos exploratórios na trajetória criativa do objeto imaginado ao objeto construído.

Assim como o BTC, o método de criação de *templates* apresentado neste artigo pode ser aplicado para auxiliar no processo de ensino-aprendizagem de outros sistemas construtivos com terra, como a taipa compactada, a terra ensacada, dentre outros, a partir da modelagem e alimentação de informações de suas particularidades construtivas em um arquivo modelo didático.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na realidade atual, com a informática estando presente massivamente nas rotinas sociais, os estudantes de qualquer área do conhecimento apresentam-se como nativos digitais, residindo neste fato uma condição a ser explorada favoravelmente nos processos de ensino-aprendizagem. No caso dos cursos de AEC, esta habilidade pode ser favoravelmente utilizada no processo de convergência entre desenho e construção, corrigindo deficiências históricas advindas do processo de separação entre o projetar e o construir.

Sabe-se que não é possível representar o que não se conhece. A partir deste pressuposto, a modelagem da informação da construção pode ser um catalisador entre as disciplinas de projeto e tecnologias da construção. O computador é um instrumento que facilita para melhores soluções a serem tomadas. No caso da arquitetura, inclui o poder instrumental de visualização e de uma ferramenta de criação. O aprendizado da modelagem da informação da construção atualmente nos cursos de AEC deve estar concatenado com o amplo espectro de possibilidades de recursos computacionais como ferramenta didática para a concepção de modelos explorativos, objetivando um aumento no tempo de investigação.

O ensino das arquiteturas de terra pode valer-se das vantagens apontadas quanto à utilização da modelagem da informação da construção, aumentando a efetividade no processo de sensibilização dos alunos quanto as possibilidades construtivas destes sistemas, podendo suprir dificuldades diante da ausência de espaços físicos apropriados, como laboratórios e canteiros experimentais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRASIL. Decreto n. 9.983, de 22 de agosto de 2019. Dispõe sobre a Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling e institui o Comitê Gestor da Estratégia do Building Information Modelling, Brasília, DF, agosto 2019
- BRASIL. Decreto n. 10.3063, de 2 de abril de 2020. Estabelece a utilização do Building Information Modelling na execução direta ou indireta de obras e serviços de engenharia realizada pelos órgãos e pelas entidades da administração pública federal, no âmbito da Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling - Estratégia BIM BR, instituída pelo Decreto nº 9.983, de 22 de agosto de 2019
- Carneiro, D. M. (2018). A abordagem prática na disseminação de técnicas e saberes da construção com terra. 7º Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil – TerraBrasil 2018. Anais... Rio de Janeiro, Brasil: TerraBrasil/UFRJ. p. 385-393
- Faria, O. B.; Beltrame, A. de S. D.; Alonge, F. A. (2016). Breve panorama do ensino e pesquisa sobre arquitetura e construção com terra no Brasil. 6º Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil – TerraBrasil 2016. Anais... Bauru, Brasil: Terra Brasil/UNESP. p. 267-278
- Minto, F. C. N. (2009). A experimentação prática construtiva na formação do arquiteto. Dissertação de mestrado. São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, USP

GOVERNO DE SANTA CATARINA. Caderno de especificações de projetos em BIM: Termo de referência de apresentação das diretrizes projetuais. 2.0 ed. Santa Catarina: Secretaria de Estado do Planejamento, 2014

Parizotto, S. F. Modelagem de BTC no Autodesk REVIT. Youtube, 26 de agosto de 2021. Disponível em: <https://youtu.be/_JWh2cfQAsQ>.

AUTOR

Sergio Parizotto Filho, mestre em engenharia civil; especialista em educação profissional e tecnológica, arquiteto e urbanista; professor dos cursos técnicos em edificações e engenharia civil do Departamento Acadêmico da Construção Civil (DACC) do Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC); pesquisador dos grupos de pesquisa CONSERVE e GETICon / DACC IFSC; membro da Rede TerraBrasil. Currículo completo em <http://lattes.cnpq.br/7273622442528190>



CAPACITAÇÃO COM ADOBE EM COMUNIDADE INDÍGENA, ALDEIA TUKUM TUPINAMBÁ, OLIVENÇA, ILHÉUS, BAHIA

Maria Inês Marques da Cunha

Instituto Etno – Bahia – Brasil – etno.bioarquitetura@gmail.com

Palavras-chave: mutirão, coletivo, preservação, sobrevivência.

Resumo

No processo de retomada do território da aldeia Tukum Tupinambá de Olivença, Ilhéus, Bahia, foram feitas construções em pau a pique sem fundação, para uma ocupação rápida e estratégica frente às ameaças externas. Em 2020, a pedido da liderança da aldeia, foi realizada uma capacitação em adobe para que os materiais naturais disponíveis continuassem a ser utilizados ao mesmo tempo que aumentada a durabilidade das casas da comunidade. Visou-se também contribuir para a conservação do patrimônio construído já existente e preservar a estética das construções, gerando um abrigo de maior qualidade e sustentabilidade. A introdução do adobe como uma possibilidade construtiva e acessível deu-se devido à terra ser o material mais abundante localmente. Foi feito um levantamento arquitetônico da aldeia como um todo, através de registros fotográficos, visitas frequentes e interação com os moradores. A comunidade foi consultada coletivamente e realizaram-se aulas expositivas e práticas. O projeto protótipo foi a casa do cacique da aldeia, a qual foi construída através de mutirões pedagógicos. Essa capacitação ampliou os horizontes das possibilidades construtivas para a comunidade. O processo feito de forma coletiva e democrática criou um maior sentimento de pertencimento dos moradores, resultando numa motivação generalizada para melhorar as condições de moradia. A possibilidade de uma transformação acessível gerou um sentimento de esperança renovada, multiplicando-se a outras áreas, principalmente ao resgate cultural tão desejado. Esse processo reforça a importância do papel da academia como transformadora social, através de seus conhecimentos técnicos e humanísticos, assim como de seu poder de tangências. Confirma-se ainda a necessidade da inclusão da comunidade indígena e seus saberes para o enriquecimento do meio acadêmico. Essa integração revela-se urgente e essencial para a preservação das culturas dos povos originários do país e sua própria sobrevivência.

INTRODUÇÃO

Originalmente chamados como “caboclos”, os Tupinambás de Olivença nem sempre foram conhecidos como índios. Até hoje, eles precisam reivindicar sua identidade e território. (Costa, 2009, p.6) descreve bem esse conflito:

Identificando-se como “índios misturados”, este povo atualmente integra-se ao intenso processo de re-elaboração cultural e de reafirmação étnica que tem lugar no país, após a Constituição de 1988, fato marcante nos caminhos que levaram ao ressurgimento dos povos indígenas brasileiros. Seguindo as pegadas de outros irmãos baianos, a exemplo dos Pataxós e Pataxó Hã-hã-hãe, os caboclos de Olivença reaparecem tomando o caminho de volta e assombrando a região. Ressurgem sob as marcas e cicatrizes desencavadas dos caminhos que pretendiam a sua extinção, marcas essas que movem e alimentam a sua luta assumindo significados étnico e histórico-regionais.

A partir de 2000, os Tupinambás de Olivença começaram um processo de retomada de sua auto-identidade, através de documentos, visibilidade de seus rituais, indo à Fundação Nacional do Índio (FUNAI) e reafirmando sua presença nas terras que lhes eram de direito originalmente, promovendo ocupações de latifúndios improdutivos na região. Esta retomada ainda continua, numa árdua luta contra o lobby empresarial da área e a mineradora Guanabara, que ameaçam a existência física do território.

Apesar de terem sido reconhecidos como índios em 2002 e terem obtido o reconhecimento de seu direito territorial em 2009, foram invadidos pelo Estado, Justiça e Polícia Federal em 1 de fevereiro de 2012. Isto representou a quebra de um acordo de que não haveria ações deste tipo em terras indígenas retomadas de longa data (com no mínimo de 2 anos de ocupação), até o relatório de 2009 da FUNAI de demarcação das terras Tupinambá. Até o presente, a Justiça Federal não julgou este relatório e a vulnerabilidade territorial e identitária permanece latente.

Segundo a FUNAI, a população Tupinambá de Olivença encontra-se em torno de 8000 indígenas, distribuídos em 23 aldeias. Essa é uma relativa vitória da luta pela visibilidade e existência dessa etnia, que durante quase 400 anos foram invisibilizados, vivendo espalhados pelas matas no entorno de Ilhéus.

A aldeia Tukum Tupinambá localiza-se em Olivença, município de Ilhéus, Bahia (figuras 1 e 2).



Figura 1. Aldeia Tukum Tupinambá de Olivença (Google Maps, 2021)

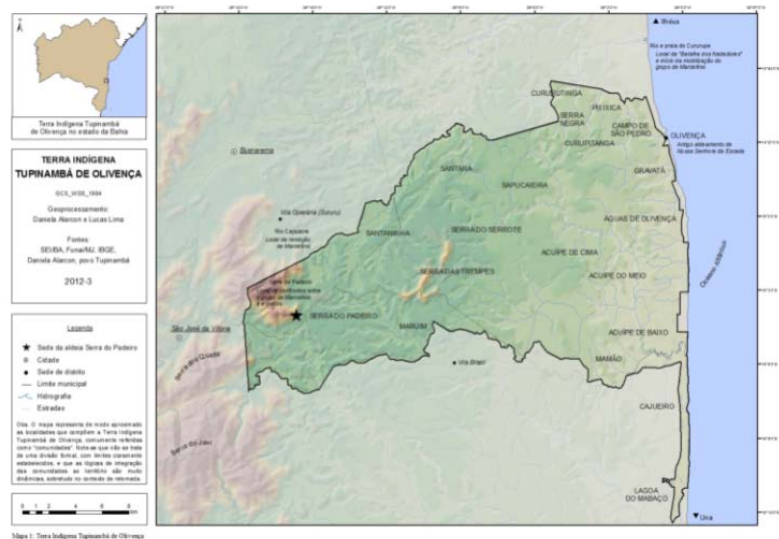


Figura 2. Mapa de localização do território Tukum Tupinambá de Olivença (Aларcon, 2013)

Devido à instabilidade política e a insegurança da falta de reconhecimento da legitimidade de sua presença no território, o povo Tupinambá de Olivença edificou suas construções de forma rápida e de acordo com seus conhecimentos ancestrais. Na etnia Tupinambá, os abrigos sempre foram construídos com materiais naturais, como madeira, terra e piaçava, geralmente de pau a pique, sem fundação, com piso de terra batida, caracterizando-se como abrigos temporários (figura 3), conforme destaca Costa (2009, p.18)

Observa-se que as casas de taipa são construídas sem qualquer cuidado com a técnica. Normalmente não são feitas fundações para proteger a madeira e o barro da umidade do solo; os beirais não possuem um comprimento adequado para proteger as paredes das chuvas; e não há um acabamento nas paredes, fundamental para tapar os buracos que ficam entre o barro e a estrutura de madeira e proteger a habitação de insetos e roedores.

Além disso, apesar da disponibilidade de fibra de piaçava em abundância na região, os moradores preferem a cobertura com telha de fibrocimento devido a sua durabilidade e preço acessível.

Diante deste cenário, em 2020, a pedido da liderança da aldeia Tukum Tupinambá de Olivença, no sentido de utilizar adequadamente os materiais naturais locais e ao mesmo tempo possibilitar a durabilidade e a segurança das construções, foi realizado um projeto de capacitação para fabricação e execução de alvenaria de adobe.

O projeto de capacitação representou mais do que a aquisição de conhecimentos técnicos. Foi também realizado um levantamento das necessidades dos moradores, para que as novas construções resultassem mais perenes e identificar o significado da segurança das construções para este povo indígena. Além disso, também se realizou um estudo para contribuir com a conservação do patrimônio construído já existente na aldeia.



Figura 3 - Casa de pau a pique, típica dos Tupinambá de Olivença

Considerando o padrão coletivo e as preferências dos moradores, a atenção à estética das construções também foi central na elaboração do processo. Para isso, foi acordado que a casa do cacique seria o protótipo para todas as construções futuras na aldeia. A capacitação dos envolvidos foi realizada durante a construção desta casa.

2. DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DAS ATIVIDADES

Após o contato inicial com o cacique da aldeia, em março de 2019, foram convocadas diversas reuniões com a comunidade para decidir coletivamente o interesse por um processo formativo para construção de casas com adobe. A proposta foi aceita por unanimidade, considerando o aspecto de inovação uma vez que a construção de pau a pique os remetia a um período de sofrimento e lutas da retomada de sua cultura e território. A partir de então, iniciou-se o levantamento arquitetônico da aldeia como um todo, através de registros fotográficos, visitas frequentes e interação com os moradores, a fim de identificar e manter o padrão estético cultural existente. Em seguida, a título da capacitação, foram realizadas aulas expositivas e práticas. Baseado na cultura local, todo processo construtivo foi realizado em sistema de mutirão (figuras 4 e 5).

O protótipo, a casa do cacique, resultado da capacitação, foi executado com a fundação em sapata corrida com pedra local, elevando a casa e isolando-a da umidade do solo. O projeto arquitetônico incluiu a varanda nas quatro faces da edificação, para proteger as paredes de adobe, além de grandes aberturas de vão para garantir iluminação e ventilação (figuras 6 e 7); para a cobertura, optou-se por o telhado em duas águas, com altura e angulação diferentes.

Após diversas escavações em diferentes pontos da aldeia, identificou-se a terra adequada para a fabricação do adobe, considerando sua plasticidade e granulometria. Depois de identificada a terra, iniciou-se o mutirão para a construção da casa do cacique.

Foram realizadas quatro oficinas presenciais com a comunidade da aldeia Tukum, as quais foram abertas também para “os de fora”, não indígenas, participando assim aproximadamente cerca de 15 a 25 pessoas por vivência, no período entre janeiro e março de 2020.



Figura 4 – Oficina de adobe na Aldeia Tukum Tupinambá em 2020



Figura 5 – Mutirão para construção da casa do Cacique na Aldeia Tukum Tupinambá em 2020

Na primeira oficina, indígenas e não indígenas uniram-se para a confecção das fôrmas e para a produção dos primeiros adobes, após uma aula expositiva teórica.

As oficinas aconteceram num clima de descontração, acolhimento e muito interesse de ambos os lados, pois os indígenas não estavam apenas sendo capacitados, como também estavam compartilhando sua cultura com os voluntários, com seus cantos, rezas e culinária. Durante as oficinas ficou evidente, junto á comunidade, o quanto é relevante que os conhecimentos acadêmicos tangenciem com os conhecimentos tradicionais, pois desta forma ambos se enriquecem.

As pessoas envolvidas eram separadas em três grupos de trabalho: um cavava a terra, outro trazia a água e pisava o barro, e outro grupo moldava os adobes. A cada encontro foram produzidos cerca de 800 adobes, que ficaram armazenados a sombra, dentro da cabana que se destinava a escola.

O processo ecopedagógico em sistema de mutirão foi interrompido pela pandemia do Covid 19. A partir de então, a aldeia foi fechada à visitação, ficando a execução final do projeto sem a participação das pessoas externas à comunidade. Com isso, sem a equipe técnica, foram feitas algumas modificações na execução do projeto.

Por dificuldades financeiras, os vãos das esquadrias foram diminuídos, usando-se janelas de tamanho padrão e a cobertura, projetada com duas águas em níveis diferentes, foi simplificada para duas águas com mesma inclinação com telha de fibrocimento.

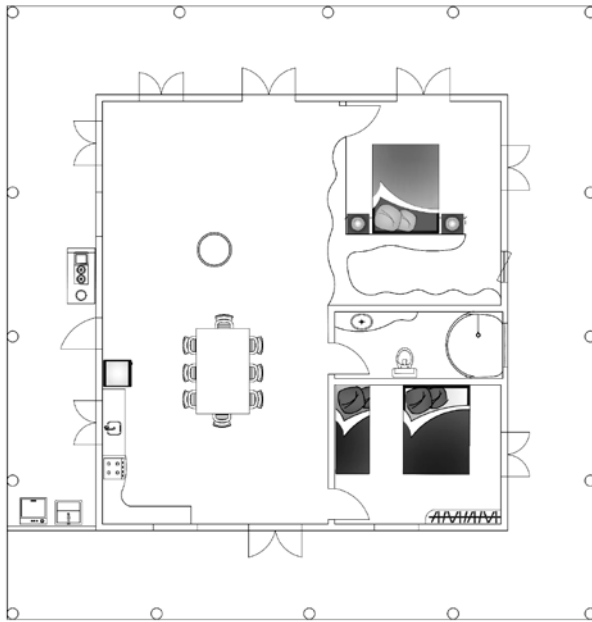


Figura 6 - Projeto arquitetônico da casa do cacique

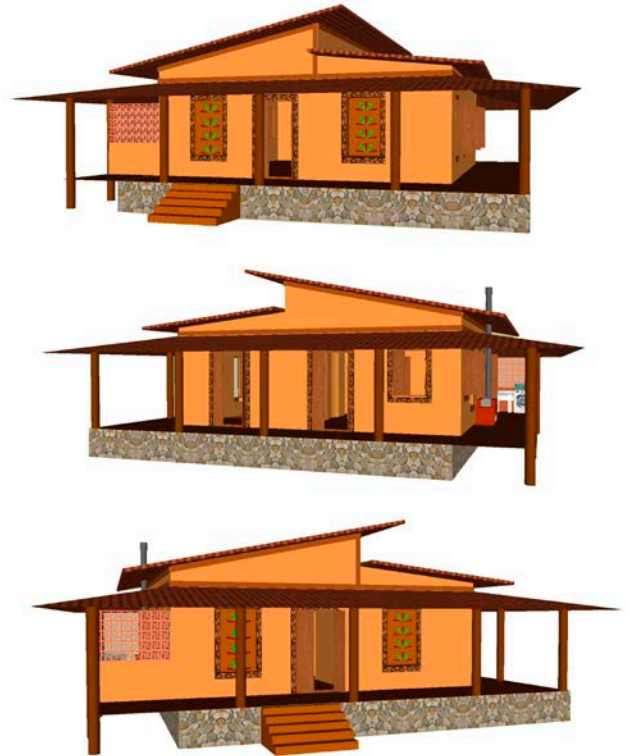


Figura 7 - Projeto 3d da casa do cacique

Foram produzidos cerca de 3900 adobes até o presente momento e a casa segue em construção (figura 8).





Figura 8 – Construção da casa do cacique em regime de mutirão, 2021

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A capacitação em adobe ampliou os horizontes das possibilidades construtivas na aldeia. O processo feito de forma participativa, coletiva e democrática consolidou o sentimento de pertencimento das pessoas da comunidade, resultando na motivação generalizada para melhorar as condições de moradia. Com a possibilidade de uma transformação acessível, surgiu um sentimento de esperança renovada, que se multiplicou a outras áreas da vida da aldeia, principalmente o resgate cultural tão desejado.

No momento em que os mutirões estavam acontecendo, diversas pessoas da comunidade sentiram o desejo de construir com adobe, em vez do pau a pique, como também outras comunidades interessaram-se na capacitação e execução, não só de suas casas, como de centros culturais dentro do território Tupinambá, por considerarem esta alternativa mais sólida e permanente, com a utilização de materiais locais.

O fato de interromper os mutirões por conta da pandemia do Covid 19, o término das obras foi retardado, pois diminuíram nem só as doações, como também os voluntários não puderam colaborar. A obra porém continua com o trabalho constante de quatro indígenas.

Todo esse processo reforça a importância do papel da academia como transformadora social, através de seus conhecimentos técnicos e humanísticos, assim como de seu poder de tangências. Da mesma forma, confirma-se a necessidade da inclusão da comunidade indígena e seus saberes para o enriquecimento do meio acadêmico. Essa integração revela-se urgente e essencial para a preservação das culturas dos povos originários do país e sua própria sobrevivência.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alarcon, Daniela Fernandes (2013). O retorno da terra. As retomadas na aldeia Tupinambá da Serra do Padeiro, sul da Bahia. Dissertação (mestrado em Ciências Sociais). Brasília: UnB

Costa, Isadora (2009). Casa Tupinambá - Centro de convivência indígena. Salvador: UFBA

AGRADECIMENTOS

A autora agradece ao Cacique Ramon Tupinambá, Nádia Akauan, Ariani Caninéo e Cibele Poggiali Árabe.

AUTORA

Maria Inês Marques da Cunha, arquiteta. Trabalhou na Fundação DAM (1984-1990) com atividades de pesquisa, projeto, design de moveis e construção com adobe e pau a pique e no Instituto Tecnologia Intuitiva e Bioarquitetura (TIBÁ, 1999-2002). Especialista em geobiologia, desde 1997. Fundadora do Instituto Etno, desde 2002, que realiza projetos, construção e capacitação, especialmente com terra ensacada, adobe e pau a pique. Membro da rede Terra Brasil. Atualmente desenvolve atividades de construção com terra e capacitação em comunidade indígena Tupinambá na região sul da Bahia.



CAPACITAÇÃO DE INDÍGENAS AWÁ GUAJÁ E GUAJAJARA NAS TERRAS INDÍGENAS CARU E RIO PINDARÉ

Michel Habib Ghattas¹; Barbara Silva Francisco²

TIBÁ Arquitetos, Brasil,

¹mhbioarquitetura@gmail.com; ²barbara.arq@outlook.com

Palavras-chave: bioconstrução, Maranhão, habitação, adobe, pau a pique

Resumo

O presente trabalho apresenta o processo de capacitação de indígenas e trabalhadores locais na aplicação de técnicas construtivas de baixo impacto ambiental, priorizando o uso de recursos locais como alternativa aos sistemas construtivos convencionais. As atividades foram desenvolvidas no interior do Maranhão, no Município de Santa Inês e na comunidade de Auzilândia, Município de Alto Alegre do Pindaré. As práticas de capacitação foram planejadas de forma participativa visando a absorção do conhecimento prático pelos envolvidos para que possam, de forma autônoma, replicar e repassar o conhecimento adquirido para outros interessados e indígenas isolados que seguem atualmente nômades. As comunidades indígenas dessa região do Maranhão foram favorecidas com o Plano Básico Ambiental do Componente Indígena (PABACI), convênio firmado entre a Fundação Nacional do Índio (FUNAI) e a empresa mineradora responsável (Vale S.A.) pela duplicação da Estrada de Ferro Carajás (EFC), que circunda região das Terras Indígenas Caru e Rio Pindaré, povoada por grupos Guajajara e Awá Guajá, sendo esses os últimos caçadores e coletores itinerantes da Amazônia oriental. O PABACI conta com o subprograma de fortalecimento cultural que visa apoiar a implementação de ações assistenciais nos locais que sofreram impactos com a construção e duplicação da EFC. Todo o processo de capacitação ocorreu durante o período de execução das obras dos projetos Bioconstrução e Melhoria Habitacional. Os trabalhadores locais e os indígenas envolvidos receberam capacitação em todas as etapas da obra, desde a organização e construção do canteiro de obra com a execução das estruturas dos barracões para a produção dos adobes, almoxarifado para estoque de materiais e ferramentas e do protótipo de banheiro seco para familiarização e exemplificação das diversas técnicas propostas em ambos os projetos. Como alternativa à demanda da comunidade por materiais que remetessem às técnicas utilizadas nos povoados circundantes, como exemplo do tijolo cerâmico, foi proposto o uso do adobe como evolução das construções atualmente compostas por estrutura de madeira e fechamento com barro, conhecida localmente, como taipa. Durante a capacitação, a fase de acabamento com reboco e pintura possibilitou uma mudança do olhar por parte dos indígenas em relação à técnica mista já utilizada. O resultado final demonstrou a importância deste processo para a saúde das habitações e moradores além de atingir a estética, segurança e conforto que buscavam nas moradias tradicionais. Ao final do processo o adobe também foi adotado por um pequeno grupo de indígenas que vislumbrou uma evolução construtiva no sistema modular semelhante ao da alvenaria convencional, além do benefício na redução do uso de madeira, normalmente atacada por insetos locais demandando constante manutenção.

1. INTRODUÇÃO

Criado na década de 1980 durante o governo do presidente João Batista Figueiredo pela Companhia Vale do Rio Doce (CVRD), o projeto Grande Carajás trata-se de um megaprojeto de exploração das jazidas de minério de ferro na Serra dos Carajás, a maior mina de minério de ferro a céu aberto do mundo, localizada em Carajás, no sudeste do Estado do Pará. Com isso, foi criada a Estrada de Ferro Carajás (EFC), inaugurada em 1985, que possui 892 quilômetros de extensão (cerca de 650 quilômetros localizados no Estado do Maranhão), ligando a grande jazida da Serra dos Carajás ao Terminal Marítimo de Ponta da Madeira, localizado à margem leste da Baía de São Marcos, no Complexo Portuário de Itaqui, em São Luís (MA). Atualmente os trens carregam grãos sólidos (soja e

outros grãos), líquidos (combustíveis e fertilizantes, entre outros), minério de ferro, além do trem de passageiros que atua da estação Anjo da Guarda em São Luís até cidade de Parauapebas, no sudeste do Estado do Pará (Oliveira, 2004).

Em 2013, iniciou-se a duplicação de 575 quilômetros da EFC no Pará e Maranhão, concluída em 2017, aumentando a capacidade de minério transportado por ano para 230 milhões de toneladas. No ano de 2020, mais de 191 milhões de toneladas de minério de ferro, manganês e pelotas foram embarcados, sendo líder na movimentação de cargas no país. Para fazer o transporte de produtos, a EFC conta com 10.756 vagões e 217 locomotivas, das quais cerca de 35 composições circulam simultaneamente, incluindo um dos maiores trens de carga em operação regular do mundo, com 330 vagões e 3,3 quilômetros de extensão (Portal Vale, s.d.). A implantação do projeto gerou grandes impactos nas regiões adjacentes ocasionando conflitos territoriais, problemas de saúde, acidentes nas áreas de intervenção da ferrovia, prejuízos estruturais nas construções lindeiras à ferrovia, com vários povos indígenas e comunidades tradicionais diretamente atingidos nas diferentes etapas de implementação.

Chamada de Dragão de Ferro pelas populações impactadas por ela, segundo Duran (2017), com a duplicação da EFC, foi firmado um convênio entre a mineradora responsável (Vale S.A.) e a Fundação Nacional do Índio (FUNAI), do qual foi implementado o Plano Básico Ambiental (PBA) para prestação de apoio financeiro e implantação de ações assistenciais, beneficiando os indígenas localizados nas áreas impactadas pela construção e duplicação da ferrovia, destinando parte dos recursos do projeto para atividades de compensação, atendendo as Terras Indígenas (TI) Caru e Rio Pindaré povoadas por grupos Awa-Guajá (últimos caçadores e coletores itinerantes da Amazônia oriental) e Guajajara.

Em função do Plano Básico Ambiental Componente Indígena Awá e Guajajara das Terras Indígenas Caru e Rio Pindaré (PBACI), que integra o processo de licenciamento da duplicação da Estrada de Ferro Carajás, da Vale S.A., que é acompanhado pelo IBAMA e FUNAI, o escritório de arquitetura TIBÁ Arquitetos foi convidado para o desenvolvimento de projetos de baixo impacto ambiental negativo além da execução e capacitação de mão de obra local. A demanda era de espaços unifamiliares e coletivos para a realização de suas expressões culturais, festividades, ensino e demais atividades. As edificações foram implantadas em onze aldeias, distribuídas entre duas terras indígenas.

As aldeias Tiracambu, Awá, Nova Samyã e Maçaranduba, estão situadas na TI Caru, nas proximidades do povoado de Auzilândia, localizada no município de Alto Alegre do Pindaré, distante 294 km da capital São Luís. Já as aldeias Tabocal, Januária, Areião, Areinha, Aldeia Nova, Novo Planeta e Piçarra Preta, situam-se na TI Rio Pindaré, localizada no município de Santa Inês, a 247 km da capital São Luís (figura 1).

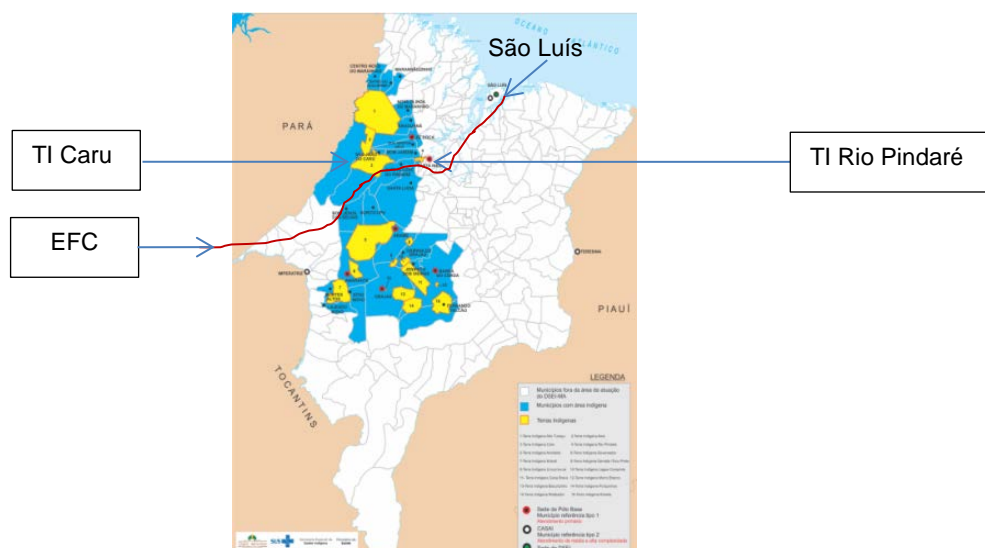


Figura 1 – Localização das terras indígenas no Estado do Maranhão (DSEI Maranhão, 2013)

O projeto denominado Bioconstrução¹ soma aproximadamente cinco mil metros quadrados edificados em seis distintas obras de uso coletivo, replicadas entre as onze aldeias, sendo estas: dois centros cultural, duas casas de conversa, três redários, uma cozinha tradicional tipo 1, cinco cozinhas tradicional tipo 2 e onze habitações modelo.

O tamanho e densidade populacional de cada aldeia determinou o tipo de edifício a ser recebido pela comunidade com exceção da habitação modelo, presente em todas as aldeias envolvidas, como uma proposta de moradia para atender os anseios indígenas por construções que remetessem à arquitetura praticada fora das aldeias.

Além das premissas adotadas em projeto na aplicação de técnicas e materiais de menor impacto ambiental, coube também promover o benefício social com a capacitação dos trabalhadores envolvidos no projeto. A equipe de obra para execução dos projetos foi formada em sua maioria por mão de obra local com experiência em construção civil convencional, contratada em regime de CLT e indígenas sem experiência na construção civil, escolhidos em cada aldeia pela própria comunidade e contratados sob regime de bolsista. Toda a capacitação foi facilitada pela equipe técnica, composta por uma arquiteta, um engenheiro, um técnico em edificações, um bioconstrutor e um sociólogo para auxílio do relacionamento com os indígenas.

A capacitação, iniciada em 2017, com as obras do projeto Bioconstrução teve sequencia no projeto Melhoria Habitacional destinado exclusivamente ao povo Awá-Guajá, com obras ainda em andamento, paralisadas em março de 2020 em função da pandemia do Covid-19, com previsão de retorno em janeiro de 2022 e finalização em janeiro de 2023. O projeto visa a construção de setenta e duas novas casas unifamiliares distribuídas nas aldeias Awá, Tiracambu e Nova Samyã, somando mais cinco mil metros de área construída ao projeto, totalizando aproximadamente dez mil metros quadrados edificados, além de toda infraestrutura necessária de estradas e pontes para acesso aos locais de implementação do projeto.

Os projetos desenvolvidos foram idealizados com o intuito de promover a sustentabilidade da pratica construtiva na comunidade indígena e a perpetuidade da autoconstrução nas aldeias com impacto ambiental e social positivo no uso predominante de materiais naturais, fornecedores locais e sistemas que combinem o conhecimento popular às técnicas e tecnologias atuais.

Em toda concepção do projeto e na organização logística necessária foi importante a compreensão das necessidades e cuidados particulares ao desenvolvimento indígena, exigindo a participação colaborativa da comunidade e seu conhecimento cultural.

1.1 Etnia Awá-Guajá

De língua Tupi-Guarani, os Awa-Guajá são caçadores e coletores, sendo a caça mantida como base de sua vida social, determinando o padrão de ocupação tradicional do território, que é de grande dispersão, sendo considerados pela a organização *Survival International* como um dos últimos povos nômades do mundo (Chamberlain, 2012). Os Awa-Guajá que vivem nas aldeias são considerados como um povo de “recente contato” pelo Estado brasileiro e por isso vivem sob sua forte tutela e contam com uma população de mais de 520 pessoas (Garcia, 2018). Estão presentes em três terras indígenas, localizadas na macrorregião da Amazônia Oriental no noroeste do Estado do Maranhão, sendo elas a TI Caru, com as aldeias Awá, Tiracambu e Nova Samyã, a TI Awá, com a aldeia Juriti, e a TI Alto Turiaçu, com a aldeia Guajá, além dos grupos que vivem isolados sem relações permanentes com as sociedades nacionais ou com pouca frequência de interação social seja com povos indígenas ou não indígenas.

¹ Segundo o Ministério do Meio Ambiente (2008, p.9), bioconstrução consiste na “construção de ambientes sustentáveis por meio do uso de materiais de baixo impacto ambiental, adequação da arquitetura ao clima local e tratamento de resíduos”, entendendo como tal os sistemas construtivos que respeitem o meio ambiente na concepção e escolha de materiais como também ao longo da vida útil do edifício

Os Awá-Guajá passaram por muitas transformações em função da invasão e desmatamento de seus territórios, forçando uma miscigenação cultural desde os primeiros contatos ocasionados na década de 70 pela FUNAI, até hoje nas relações com a Frente de Proteção Awá-Guajá/FUNAI, e influenciados pelo povo Guajajara e outros agentes sociais. Além dos recursos oriundos do PBACI, de mitigação dos impactos da duplicação da EFC, ainda hoje, a preservação dos caminhos de caça que os Awa-Guajá recém-contatados conhecem e dominam em seu território, é de suma importância, pois, apesar de aldeados, ainda necessitam dos recursos disponíveis na floresta. A simbiose criada entre os indígenas e a floresta mantém sua preservação física e cultural.

1.2 Etnia Guajajara

Autodenominados de forma mais abrangente como Tenetehara, a língua Guajajara pertence à família Tupi-Guarani. Os Guajararas habitam mais de dez TIs no Maranhão, às margens da Amazônia oriental e correspondem a um dos povos indígenas mais numerosos do Brasil, com uma população estimada de mais de 27 mil pessoas; o número exato dos Guajajara é desconhecido, pois as estatísticas da FUNAI não consideram populações de várias aldeias e os que vivem em áreas urbanas.

Com mais de 380 anos de contato com os não indígenas, sua história é marcada por conflitos, submissões, revoltas e grandes tragédias, dentre elas a revolta de 1901 contra os missionários capuchinhos, que teve como resposta a última "guerra contra os índios" na história do Brasil.

A principal fonte de subsistência dos Guajararas é a lavoura, sendo a pesca mais praticada pelas aldeias ribeirinhas. As atividades de coleta vêm sendo substituídas pela fruticultura nas aldeias e roças geralmente localizadas à beira de rios, como é o caso da aldeia Maçaranduba na TI Caru, ou, na ausência dos rios, é dada preferência por lagoas naturais ou açudes artificiais. Ocorrem também os assentamentos próximos às rodovias, a exemplo das aldeias Tabocal, Januária, Areião, Areinha, Aldeia Nova, Novo Planeta e Piçarra Preta, à margem da BR 316 que cruza a TI Rio Pindaré. As aldeias já não possuem nenhum tipo de assentamento específico, geralmente com crescimento desordenado podem ser lineares, redondas ou quadrangulares.

1.3 Projeto Melhoria Habitacional do Povo Awa-Guajá

Desde o início das obras do projeto Bioconstrução, os indígenas demandavam por melhorias em suas casas devido ao atual estado de degradação das moradias, além da condição precária de habitabilidade principalmente no período chuvoso. As construções são executadas com pau a pique, expostas a intempéries sem qualquer proteção contra as chuvas e ventos, bem como da umidade na base proveniente da capilaridade; a cobertura de palha já não é feita seguindo o rigor tradicional de espessura e qualidade das fibras, o que gera maior frequência de manutenção. Dentro desse contexto e com a mudança dos sistemas construtivos do povoado local de pau a pique para alvenaria de tijolo cerâmico, os indígenas passaram a vislumbrar o novo sistema construtivo adotado como referência, justificando quesitos de durabilidade, baixa manutenção e modernidade, excluindo os parâmetros de conforto do ambiente construído.

Os indígenas Awá-Guajá da TI Caru, além das obras do projeto Bioconstrução, foram também contemplados com o projeto Melhoria Habitacional, apoiado pela Vale S.A., com recursos para a construção das novas moradias de forma participativa; como contrapartida, os indígenas forneceriam as telhas cerâmicas, além da mão de obra disponível em cada família.

A proposta inicial do projeto Melhoria Habitacional consistia na reforma das moradias existentes, com reforços da estrutura de madeira e revestimento das paredes. No entanto, após a avaliação técnica, constatou-se a necessidade de reconstruir as moradias devido ao seu comprometimento estrutural.

Para o início deste projeto, fez-se o levantamento com todas as famílias contempladas para identificar a demanda, que resultou em dois tipos de moradias em função do número de integrantes da família. Após a apresentação do estudo preliminar do projeto arquitetônico, sua revisão foi realizada junto aos indígenas para adequar às suas necessidades, que solicitaram o incremento de divisórias internas, ducha para banho e uma cozinha aberta em cada unidade, apesar de manterem a postura cultural da ausência de banheiro. Ao todo foram programadas 72 moradias unifamiliares, 24 na aldeia Tiracambu, 47 na aldeia Awá e uma na aldeia Nova Samyã, todas três na TI Caru.

2. OBJETIVO

Esse trabalho visa relatar o processo de ensino e capacitação de técnicas de construção com terra para os indígenas Awá-Guajá e Guajajara nas TIs Caru e Rio Pindaré, iniciado em 2017, no âmbito do projeto Bioconstrução, e continuado no projeto Melhoria Habitacional para a construção de habitações dos indígenas Awá-Guajá das aldeias Awá, Tiracambu e Nova Samyã, além de identificar as questões socioculturais que envolvem o dia a dia do trabalho com os indígenas, comentando as soluções adotadas e os resultados observados.

3. DESENVOLVIMENTO

Para o ensino e capacitação de técnicas de construções com terra nas TIs Caru e Rio Panderé, foi montada uma equipe técnica multidisciplinar de capacitação composta de profissionais atuantes na área da construção civil e relações sociais, com conhecimento na área da bioconstrução. Paralelamente, foi montada a equipe de obra composta de trabalhadores locais, além de indígenas originados de cada aldeia.

Para os colaboradores não indígenas, torna-se importante um treinamento pontual e específico a respeito das particularidades da história e cultura dos Awá-Guajá e Guajajara, com orientações e regras, de modo a evitar atritos. Como estratégia para a aproximação dos técnicos, visando auxiliar o relacionamento da equipe junto aos indígenas, foi contratado um colaborador, também de origem indígena, porém de outra etnia, que já tinha relacionamento com os Awá-Guajá e Guajajara das TIs Caru e Rio Pindaré e que havia passado anteriormente pelo processo de capacitação em bioconstrução.

Para o processo de capacitação, cada aldeia escolheu quatro indígenas para trabalhar meio período por dia, resguardando tempo para suas práticas culturais. Estes indígenas receberam uma bolsa mensal para subsídio da alimentação familiar, uma vez que sua produtividade relativa à prática da caça e da pesca foi reduzida. O objetivo principal era a formação de agentes que pudessem difundir os conhecimentos adquiridos nas obras para a comunidade.

As primeiras ações para promover a integração entre as equipes, iniciada três meses antes do programa geral das obras, ocorreram nas quatro aldeias da TI Caru: Awá, Tiracambu, Nova Samyã e Maçaranduba. Neste período, o envolvimento da equipe técnica com os indígenas foi intenso. A equipe dividia-se diariamente entre as quatro aldeias para a construção dos barracões de produção dos adobes, visitas de reconhecimento à floresta para identificação e seleção dos recursos locais para uso nos projetos, coleta das madeiras para estrutura do barracão e das folhas de palmeira babaçu (*Attalea speciosa*) para sua cobertura. A construção do banheiro seco, no sistema Bason², foi necessária para o uso dos trabalhadores não indígenas evitando a execução de fossa caipira e infraestrutura de água para descargas, além de um protótipo que utilizou alvenarias de vedação com múltiplas técnicas de construção com terra, dentre elas adobe, pau a pique, cordwood, reboco a base de cal e areia, montagem do teto jardim para exemplo de cobertura, além de servir para os testes de adobe e definição dos traços.

² modelo de sanitário compostável, corresponde a um recipiente que armazena os resíduos sólidos humanos junto com serragem e cinzas, produzindo adubo orgânico para agricultura.

Após os três primeiros meses, com o início das obras o convívio passou a ser mais pontual, com atividades programadas conforme cronograma e fase das obras. As capacitações passaram a ser feitas em conjunto com os profissionais locais com a inserção dos indígenas no canteiro de obra e apresentação dos conceitos e ferramentas básicas da construção convencional. Os indígenas participaram de todo o processo até a conclusão das obras do Projeto Bioconstrução na TI Caru, em outubro de 2019.

Com o início do projeto Melhoria Habitacional, foi estendido o programa de capacitação, mantendo os Awa-Guajá como bolsistas até o final da execução das unidades habitacionais.

As obras na TI Rio Pindaré iniciaram um semestre após as da TI Caru. Com a observância das diferenças culturais e geográficas, a didática da capacitação foi diferenciada e específica para cada TI. No contexto da TI Rio Pindaré, com a experiência passada nas atividades na TI Caru, foi considerada positivamente a facilidade da logística, por se tratar de um território de fácil acesso, com as aldeias muito próximas entre si; apenas um técnico foi direcionado inicialmente para dar início às primeiras atividades de reconhecimento do solo local e primeiros testes dos adobes, além da seleção dos demais materiais para execução e cobertura dos barracões da obra.

Os indígenas bolsistas da TI Rio Pindaré tiveram, como meta, a produção de três mil adobes para construção das habitações modelo e participaram do projeto até a conclusão das habitações, passando pela execução da fundação, estrutura, cobertura, alvenarias, acabamentos, caixilharia, elétrica, hidráulica, saneamento e demais atividades necessárias.

3.1 Didática de capacitação nas aldeias Awá, Tiracambu (Awá-Guajá na TI Caru)

O período de três meses para a montagem do canteiro de obra favoreceu a integração entre os Awa-Guajá e os técnicos. Nesta oportunidade, a equipe passou a conhecer melhor a cultura dos Awa-Guajá, criando maior conexão, principalmente devido ao convívio intenso na fase inicial do projeto.

A primeira dinâmica de capacitação ocorreu na aldeia Tiracambu, em outubro de 2017. No barracão, que já estava montado e coberto, foram realizados os primeiros testes de adobe, ocorrendo assim, a primeira oficina para sensibilização dos indígenas.

Na aldeia Awá, antes de iniciar a capacitação, foram realizadas as atividades para a construção dos barracões. A equipe técnica, junto aos bolsistas, realizou a coleta das madeiras e palhas necessárias na floresta para a construção dos barracões ao modelo tradicional indígena. As atividades com os barracões serviram para familiarizar e facilitar a relação e integração dos participantes. Após a execução do barracão, em novembro de 2017, foi realizada a primeira oficina de produção dos adobes para estudo e investigação do melhor traço a ser adotado.

Até o final de dezembro de 2017, ocorreram as oficinas para edificação do protótipo de banheiro seco que serviria aos trabalhadores não indígenas. Esse protótipo foi idealizado como canteiro escola para a apresentação das técnicas de construção com terra e teto jardim, que seriam posteriormente utilizadas nos projetos.

Nos anos seguintes, os indígenas participaram de todas as etapas para a construção dos redários, casas de conversa e habitações modelo, seguindo as atividades de capacitação e interação direta com a equipe de mão de obra local que já tinha conhecimento profissional nos sistemas convencionais também utilizados nos projetos. A capacitação junto a equipe técnica passou a ocorrer em momentos mais pontuais e específicos as técnicas ecológicas, como a oficina de reboco de terra, para aplicação nas casas do projeto Melhoria Habitacional.

Com o andamento do projeto Melhoria Habitacional, os bolsistas tornaram-se agentes multiplicadores dentro das aldeias, passando a auxiliar as famílias nas atividades de barreamento das paredes de pau a pique e na produção dos adobes, atividades das quais eram contrapartidas dos indígenas no processo de construção das moradias, além da aquisição das telhas cerâmicas na olaria da região. Alguns bolsistas mantiveram essas

atividades mesmo com a paralisação das obras em março de 2020 em decorrência da pandemia do Covid-19. As figuras 1, 2, 3 e 4 apresentam os indígenas em atividade durante o processo de capacitação e a figura 5, uma moradia de adobe



Figura 1. Capacitação de adobe na aldeia Awá (crédito: TIBÁ Arquitetos)



Figura 2. Assentamento de adobe na aldeia Awá (crédito: TIBÁ Arquitetos)



Figura 3. Aplicação de reboco a base de cal na aldeia Tiracambu (crédito: TIBÁ Arquitetos)



Figura 4. Construção da alvenaria da habitação na aldeia Awá (crédito: TIBÁ Arquitetos)



Figura 5. Moradia de adobe na aldeia Awá (crédito: TIBÁ Arquitetos)

3.2 Didática de capacitação na aldeia Nova Samyã (Awá-Guajá e Guajajara na TI Caru)

Como a menor aldeia da TI Caru envolvida no projeto, Nova Samyã é uma aldeia criada recentemente de um único núcleo familiar, composta por membros das etnias Awa-Guajá e Guajajara e também não indígenas, o que facilitou inicialmente o processo de integração com a equipe técnica. Por se tratar de uma aldeia de menor porte, apenas dois indígenas passaram pelo processo de capacitação.

Assim como as outras aldeias, as atividades iniciaram-se com a visita à floresta e seu entorno para reconhecimento das matérias-primas disponíveis. Devido ao número reduzido de moradores, durante os meses iniciais, houve o apoio dos bolsistas da aldeia Awá, para a construção e cobertura do barracão. Em novembro de 2017 foi realizada a primeira oficina de adobe.

Assim como as demais aldeias, ao longo de dezembro de 2017 ocorreram as oficinas de construção com terra para a execução do protótipo do banheiro seco. Nos anos seguintes os indígenas participaram de todas as etapas de construção. O processo de capacitação foi prejudicado em função de uma baixa assiduidade e maior rotatividade entre os bolsistas, finalizando suas atividades em julho de 2019 com a conclusão das obras do redário, cozinha tradicional tipo 1 e habitação modelo. A aldeia foi contemplada com uma única moradia do projeto Melhoria Habitacional e, em decorrência da contrapartida indígena para acompanhar o processo construtivo, o futuro morador foi contratado como bolsista, podendo assim se dedicar a atividade até a conclusão da casa.

3.3 Didática de capacitação na aldeia Maçaranduba

Sendo a maior aldeia envolvida no projeto, e de etnia Guajajara, a Maçaranduba é uma aldeia bastante miscigenada, que veio a receber os prédios do centro cultural e habitação modelo. O período de integração foi importante para ajudar a compreender o contexto das relações conflituosas com não indígenas.

Na Maçaranduba os indígenas fizeram a coleta das madeiras e palhas; a construção e cobertura do barracão deram-se junto à equipe técnica. As capacitações iniciais ocorreram em dezembro de 2017 seguindo o planejamento de testes de adobe e as oficinas de construção com terra para a construção do banheiro seco. Com início das obras da habitação modelo e centro cultural, os indígenas passaram a acompanhar as atividades nos canteiros, sendo capacitados diretamente pela equipe de obra. Além dos bolsistas, alguns indígenas foram contratados para trabalhar na obra, conseqüentemente também capacitados. Entre os bolsistas, um indígena foi efetivado posteriormente para integrar a equipe de obra com turno e remuneração equivalente aos outros trabalhadores contratados.

Durante todo o processo de construção das edificações, concluídas em outubro de 2019, várias paralisações ocorreram, organizadas ora por um pequeno grupo de colaboradores indígenas, ora por algumas lideranças. Nessa aldeia houve pouca assiduidade entre os bolsistas, chegando a passar semanas sem comparecer as atividades e o processo de capacitação foi diretamente afetado.

O dia a dia de trabalho na Maçaranduba era de constante tensão por parte das equipes de obra e técnica, sendo considerada pelas comunidades vizinhas, como a aldeia de maior dificuldade e complexidade nas relações sociais com os não indígenas. Seguindo o protocolo de treinamento inicial, a equipe era sempre orientada a evitar qualquer tipo de conflito e abandonar o canteiro de obras até o controle da situação e relaxamento das tensões, nem sempre relacionadas com a obra.

3.4 Didática de capacitação nas aldeias Tabocal, Januária, Areião, Areinha, Nova, Novo Planeta e Piçarra Preta

Na TI Rio Pindaré, como as aldeias ficam a margem da rodovia, e relativamente próxima ao centro urbano do município de Santa Inês, os indígenas têm contato e interação maior com a sociedade urbanizada, sofrendo maiores influências culturais do que os das aldeias da TI

Caru. Para o projeto Bioconstrução, as aldeias maiores, Januária e Piçarra Preta, receberam um centro cultural e uma habitação modelo. As aldeias menores, Tabocal, Areião, Areinha, Nova e Novo Planeta receberam uma cozinha tradicional tipo 2 e uma habitação modelo.

Como o início das obras deu-se posteriormente a TI Caru, alguns procedimentos foram alterados para melhor logística, adaptação e absorção do conhecimento prático. O início das atividades ocorreu em junho de 2018, com as oficinas de adobe, e posteriormente com as demais técnicas. Com a proximidade entre as aldeias, em alguns momentos houve integração entre bolsistas para realização das atividades em conjunto para melhora e padronização da produção dos adobes. Após a conclusão dos três mil adobes necessários em cada aldeia, os bolsistas passaram a acompanhar as obras da habitação modelo e foram capacitados diretamente pela equipe de obra. Como houve muita rotatividade entre os bolsistas e baixa assiduidade, o processo de capacitação foi prejudicado e encerrado junto com a conclusão das obras da habitação modelo em cada aldeia.

4. RESULTADOS OBTIDOS

Para as 72 moradias no projeto Melhoria Habitacional, construídas nas aldeias Tiracambu Awá e Nova Samyã na TI Caru, predominou a técnica do pau a pique, com menos opção pelo adobe e apenas uma com paredes com tábuas de madeira.

A técnica do pau a pique, já de conhecimento geral, trouxe maior familiarização e segurança para sua execução. Além disso, a capacitação favoreceu a incorporação de novos conceitos no tratamento e seleção das madeiras, padronização do entramado, aplicação de revestimento, execução de fundação adequada e cobertura com telha cerâmica. Após os indígenas visualizarem os níveis de acabamento e qualidade que poderiam ser alcançados, a unidade residencial foi aprovada, ocasionando uma mudança no olhar e sentimento de propriedade. A figura 6 apresenta o contraste das moradias de pau a pique tradicionais e as novas propostas pelo projeto.



Figura 6. Contraste entre o pau a pique tradicional à direita e o pau a pique após a capacitação à esquerda na aldeia Tiracambu (crédito: TIBÁ Arquitetos)

Nas aldeias Awá e Tiracambu, mesmo com o contraste cultural e a dificuldade de comunicação, uma vez que os não indígenas não dominam a língua Awa-Guajá e os indígenas também têm pouca fluência no idioma português, houve um grande envolvimento por parte dos bolsistas nas atividades e absorção das técnicas construtivas em ambos os projetos. Estes evoluíram significativamente e passaram a atuar como agentes multiplicadores que disseminaram o conhecimento nas aldeias, cujos moradores passaram a seguir as recomendações técnicas para enchimento e reboco das paredes de pau a pique, bem como a fabricação e execução da alvenaria do adobe (figuras 7 e 8).



Figura 7. Bolsistas auxiliando na construção de casa de adobe (crédito: TIBÁ Arquitetos)



Figura 8. Indígena preparando a massa para execução do barreamento. (crédito: TIBÁ Arquitetos)

O contexto social da aldeia Nova Samyã, com uma relação mais próxima dos técnicos com os indígenas, inicialmente foi benéfica e influenciou no processo de capacitação dos bolsistas, que, no início do projeto foram bastante atuantes, mas, no decorrer das obras, passaram a se envolver com menos frequência, e apesar de ter ocorrido uma absorção por parte da aldeia, afetou o desenvolvimento e o aprendizado dos bolsistas.

Inicialmente os bolsistas da Maçaranduba envolveram-se de forma positiva com as atividades do projeto, porém, com o andamento da obra, a frequência passou a ser baixa com alguns participantes, afetando o desenvolvimento do aprendizado desses bolsistas; em contrapartida, um integrante teve desempenho positivo, vindo a ser efetivado para atuar como profissional junto a equipe de obra.

O processo de aprendizado dos bolsistas da TI Rio Pindaré foi bastante afetado devido à baixa assiduidade no projeto e as frequentes trocas de integrantes, limitando o período de participação dos indígenas nas obras, que se envolveram apenas com a construção das habitações modelo; porém foi possível notar, em algumas aldeias, a absorção de técnicas aplicadas nas edificações, como é o caso do adobe.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para que a capacitação seja eficiente, é necessário um comprometimento por parte dos participantes para desenvolvimento das atividades propostas, com o intuito de fornecer uma melhor compreensão do processo e garantir o aprendizado quanto às técnicas ensinadas.

Com a capacitação da mão de obra indígena, mais do que as técnicas construtivas, a intenção é que se resulte em um ganho social por meio da atração de novos indígenas que podem contribuir para a perpetuidade do conhecimento e que futuramente seja feita a manutenção das edificações corretamente. A mão de obra, sendo local, estima-se que a sejam futuros semeadores da técnica, que irão repassá-las para as próximas gerações a maneira correta de se trabalhar com os materiais naturais selecionados.

É essencial considerar que todas as complexidades históricas, territoriais e raciais que marcam o processo de resistência dos indígenas interferem diretamente na experiência de sensibilização e capacitação dos Awá-Guajá e dos Guajajara. Nenhuma destas questões podem ser omitidas, pois todas se relacionam entre si, sendo necessário um olhar holístico durante todo desenvolvimento do projeto a fim de preservar o bom andamento das atividades. Reforça-se a importância do período de integração entre as equipes técnica de obras com os indígenas, bolsistas ou moradores, para maior familiarização e ganho da confiança na comunidade, influenciando diretamente no andamento do projeto. As aldeias

que tiveram a presença mais constante da equipe técnica obtiveram maior envolvimento por parte dos bolsistas e melhores resultados no processo de capacitação.

A aprendizagem prática dos indígenas nos canteiros, junto aos trabalhadores locais, dá segurança para que eles realizem as atividades, contando sempre com orientação, porém deve-se ter atenção para que essa não seja feita de modo impositiva e colonial, mesmo que involuntariamente.

Durante o período de paralisação das atividades em função da pandemia do Covid-19 alguns indígenas organizaram-se para dar continuidade na execução das moradias, sejam com adobe ou pau a pique, o que demonstra a confiança obtida pela comunidade indígena nas técnicas demonstradas e expansão orgânica do projeto Melhoria Habitacional conforme figura 9.



Figura 9. Implantação das unidades habitacionais do projeto Melhoria Habitacional (crédito: TIBÁ Arquitetos)

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DSEI Maranhão (2013). Cartografia dos fatores intervenientes na mortalidade materna, fetal e infantil no distrito sanitário especial indígena e dos itinerários de produção de saúde nas áreas indígenas. Disponível em https://www.redehumanizaus.net/sites/default/files/cartografia_dsei_maranhao.pdf

Chamberlain, Gethin (2012). They're killing us: world's most endangered tribe cries for help. The Guardian. Disponível em <https://www.theguardian.com/world/2012/apr/22/brazil-rainforest-awa-endangered-tribe> Acesso: 05 de dezembro de 2021

Duran, Sabrina (2017) Vocês não vão matar o Rio Pindaré como mataram o Rio Doce. Rede Brasil Atual. Disponível em <https://www.redebrasilatual.com.br/cidadania/2017/07/voces-nao-vaio-matar-o-rio-pindare-como-mataram-o-rio-doce/> Acesso: 05 de dezembro de 2021

Garcia, Uirá Felipe (2010). Karawara a caça e o mundo dos Awá-Guajá. Tese de doutorado. São Paulo: Universidade de São Paulo

Ministério do Meio Ambiente (2008). Curso de bioconstrução. Disponível em <<https://comosereformaumplaneta.files.wordpress.com/2013/09/curso-de-bioconstruc3a7c3a3o.pdf>> Acesso: 05 de dezembro de 2021

Oliveira, Adalberto Luiz Rizzo (2004). Projeto Carajás, práticas indigenistas e os povos indígenas no Maranhão. Revista Antropológicas, a.8, v. 15(2): 135-170. Disponível em <<https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistaantropologicas/article/view/23619/19274>> Acesso: 05 de dezembro de 2021

Portal Vale (s.d). Estrada de Ferro Carajás: o caminho onde passa a nossa riqueza. disponível em: <<http://www.vale.com/brasil/pt/initiatives/innovation/carajas-railway/paginas/default.aspx>> Acesso: 05 de dezembro de 2021

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a toda equipe do TIBA Arquitetos, pela parceria e dedicação na realização desse projeto, aos colaboradores que contribuíram largamente na rotina de trabalho, aos indígenas Awa-Guajá e Guajajara, por todo conhecimento compartilhado e por receber a equipe em seu território e a empresa VALE S.A. por financiar e apoiar iniciativas responsáveis no cuidado com as comunidades tradicionais brasileiras.

AUTORES

Michel Habib Ghattas, arquiteto; coordenador do TIBÁ, membro da Rede TerraBrasil; profissional na área da bioarquitetura e bioconstrução; transferidor do conhecimento teórico e prático a estudantes e profissionais. Atualmente desenvolve projetos e atividades autônomas e em parceria com universidades, institutos e empresas. Currículo completo em: <http://lattes.cnpq.br/4773751104879883>.

Barbara Silva, arquiteta e bioconstrutora. Integra a equipe do TIBÁ Arquitetos e atua com gerenciamento de obras e capacitação. Currículo completo em: <http://lattes.cnpq.br/7361728720020920>

A CURA ATRAVÉS DA TERRA: O CASO DO PROJETO TERRA CURA E O 1º CURSO DE BIOCONSTRUÇÃO EM RONDÔNIA

Regina Célia Gonçalves Morão¹; Bruno Thiago Paz de Lima Alves²

¹Instituto Federal de Rondônia, Brasil, regina.morao@ifro.edu.br

²Brasil, brunoalvespaz@gmail.com

Palavras-chave: taipa de mão, terra ensacada, bambu, permacultura

Resumo

A arquitetura com terra, apesar de ser um sistema construtivo milenar e se apresentar em muitos lugares como uma prática de construção permanente e duradoura, ainda é novidade em alguns lugares do Brasil ou está associada à pobreza. No contexto da região norte e, mais especificamente no estado de Rondônia, não é diferente: existem registros de construção com terra na formação de sua capital, porém foi e continua sendo vista como prática ultrapassada. O presente trabalho relata a construção da sede do Projeto Terra Cura, durante o 1º Curso de Bioconstrução realizado em Porto Velho (RO), como desdobramento do projeto supracitado. O projeto arquitetônico, concebido com base na permacultura, priorizou simplicidade e fácil execução, visando a construção a longo prazo, com o objetivo de multiplicar os saberes que permeiam a construção com terra, abrangendo cada vez mais pessoas, através de sistema de mutirões, capacitações, visitas técnicas e práticas experimentais no local. O artigo apresenta uma abordagem sobre construções com terra no Brasil, registros locais e apresentação da história do Projeto Terra Cura. Em seguida, relata-se o projeto arquitetônico e os sistemas construtivos utilizados: terra ensacada, taipa de mão, *cordwood*, e utilização de estruturas de bambu e de peças de madeira do próprio local, apresentando experimentações e observações acerca destes durante o curso. Considerando todo o percurso do projeto, desde sua concepção e os desdobramentos advindos deste evento precursor no estado, espera-se que o presente trabalho estimule a multiplicação de práticas similares, principalmente na região norte.

1 INTRODUÇÃO

A terra é o material de construção mais antigo, tanto pela sua abundância, como pela sua disponibilidade e adaptação em todos os climas, o que também contribuiu para o desenvolvimento de diversas técnicas, seja no meio da autoconstrução ou na construção em larga escala. No decorrer do tempo, os materiais industriais de construção, considerados mais modernos, leves e práticos, foram sendo incorporados na sociedade, o que fomentou a ideia de que as técnicas de construção com terra são ultrapassadas, fracas e míseras. É importante ressaltar que o setor da construção civil, de acordo com a Un-Habitat (2016) é responsável por cerca de 70% das emissões de CO₂ e que, como bem relata Cançado (2017), mesmo inventando formas de manipulação do ambiente natural e minimização dos impactos ambientais sobre a vida no planeta, a demanda por recursos renováveis e não renováveis extrapolou a capacidade de sua autorregulação, onde 50% da água disponível e 45% da energia produzida no mundo são consumidas no setor supracitado.

Dentro desse contexto de crise climática a demanda por práticas ecologicamente corretas que estejam ligadas à preservação da vida, vem aumentando. No ramo da construção civil, uma parte dos profissionais da área têm se dedicado cada vez mais à minimização dos impactos ambientais através do desenvolvimento de materiais alternativos, reutilização e reciclagem de materiais de construção convencionais e também no aperfeiçoamento de técnicas de construção com terra.

Nos países industrializados, a terra está voltando a ser usada como material de construção e cada vez mais pessoas procuram edificações econômicas e energeticamente eficientes (Minke, 2015). No Brasil, apesar da significativa presença de construções com terra,

principalmente nas edificações do período colonial, existem preconceitos em torno destes tipos de construção. Silva (2000) levanta a hipótese de que tal preconceito tem origem ainda no período colonial, onde a técnica de taipa de pilão, por ser mais sólida e resistente, era comumente utilizada em prédios públicos ou residências das classes dirigentes da época, em contrapartida com a técnica da taipa de mão que, por estar associada à ideia de provisoriidade, nomadismo, era uma técnica utilizada pela camada mais pobre, "identificada pelos colonizadores europeus como um tipo miserável de construção" (SILVA, 2000, p. 23), compondo preconceitos até os dias atuais e enfatizando, inclusive, preconceitos de classe e raça.

No contexto regional, ao relatar a evolução da cidade de Porto Velho (RO) a partir de 1908, Carvalho (2009, p. 40) menciona que:

Não havia moradia para tantos habitantes e essas moradias eram simples, de adobe ou pau-a-pique; suas estruturas feitas de estacas de faveiro, a trama com lascas de paxiúba e o fechamento de barro cru, coberta com palhas de babaçu e o piso de chão batido ou cimentado.

A citação anterior evidencia que casa de taipa de mão e cobertura vegetal estão inseridas restritamente no contexto de efemeridade, tanto que o mesmo texto evidencia, no seu decorrer, as reformas destas casas com reboco e cobertura de madeira lavrada e telhas de barro. Embora a construção com terra seja constituída de técnicas milenares e estar presente há séculos no Brasil, a discriminação ainda persiste. Acentua-se a isso a falta de conhecimento acerca das inúmeras possibilidades e tecnologias atreladas à construção com terra, as quais são raramente difundidas dentro do ensino de arquitetura e urbanismo. O ensino na área, como bem discute Moassab e Name (2020, p. 15), vem sendo conduzido pela colonialidade do saber, pouco debatendo sobre "a produção arquitetônica no continente latino americano ou a herança construtiva e de ocupação espacial indígena e africana".

A figura 1 corresponde a uma casa de terra do início da construção da cidade de Porto Velho, retratando, no primeiro plano, a casa de taipa de mão com cobertura de palha de babaçu, seguida de uma casa de madeira serrada coberta com palha de caranaí (*Mauritia limnophila*).



Figura 1. Casa de taipa de mão e casa de madeira serrada, em 1967, em Porto Velho (Carvalho, 2009)

Apesar do registro apresentado na figura 1, se comparado às demais regiões brasileiras, a região norte ainda não possui uma prática significativa de construções feitas de terra, provavelmente em decorrência do clima local e de práticas de construções ribeirinhas e indígenas já estabelecidas, utilizando madeira. Para superar esses obstáculos, o número de cursos e vivências em bioconstrução tem crescido, a fim de difundir técnicas e inspirar mais pessoas a acreditarem no potencial da construção com terra. Na cidade de Porto Velho, este papel tem sido realizado pelo Projeto Terra Cura (2018).

A construção da denominada “Casa Mãe”, sede do Projeto Terra Cura, é a primeira casa em processo de construção com terra que incorpora a técnica de terra ensacada, mas, como relatado, não é a primeira construída com este material.

A organização deste trabalho apresenta o Projeto Terra Cura e a construção da sua sede a partir do 1º curso de Bioconstrução de Rondônia, relatando as técnicas utilizadas e os desdobramentos advindos do projeto.

2 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é relatar o histórico do Projeto Terra Cura e a construção da sua sede, realizada com a contribuição de voluntários e com atividades de capacitação em construção com terra.

3 PROCEDIMENTO ADOTADO (ESTRATÉGIA METODOLÓGICA)

O 1º Curso de Bioconstrução em Rondônia foi realizado em 2018 e teve duração de três dias e meio, com a inscrição dos participantes através de uma plataforma digital. O curso, além da oferta de quatro bolsas, teve um taxa de inscrição dos participantes necessárias para arcar com custos de hospedagem, alimentação, professores, um kit individual e materiais.

A metodologia utilizada foi a de pesquisa-ação, que, segundo Gil (2017) é uma modalidade de pesquisa que diverge do modelo clássico e tem o propósito de proporcionar a aquisição de conhecimentos claros, preciso e objetivos, além de contribuir para a ação social. Para Toledo e Jacobi (2013), este tipo de pesquisa também exerce função política uma vez que a interação entre pesquisadores e atores envolvidos na ação propiciam respostas e soluções transformadoras, mobilizando sujeitos para ações práticas. O mesmo autor ainda ressalta que este tipo de pesquisa não se limita a simples divulgação de informações, mas requer mobilização social e construção sobre o tema, oferecendo um processo de aprendizagem mútua e fortalecimento comunitário.

4 DESENVOLVIMENTO

4.1 O Projeto Terra Cura

O Projeto Terra Cura é um desdobramento de um projeto muito anterior. Em 1970, o Clube Teatral Êxodo adquiriu um terreno entre os municípios de Porto Velho e Candeias do Jamari (RO), na BR- 364, para a construção de uma cidade cenográfica para a encenação da peça “O Homem de Nazaré”. O espaço foi denominado de Jerusalém da Amazônia, o qual é composto por quatro hectares, onde foram construídos 16 cenários, compondo o segundo maior teatro sacro a céu aberto do mundo e o maior do país (Rondoniaweb, sem data), e já chegou a reunir 10 mil espectadores em uma única noite de apresentação.

Com a abertura de estrada e instalação de infraestrutura local, formou-se a comunidade Jerusalém da Amazônia, composta por residências, escola municipal e igreja, além de uma instituição que abriga dependentes químicos.

O terreno está localizado às margens do Rio das Garças, o qual sofreu degradações em decorrência da construção do teatro e outras edificações, provocando assim, erosão de uma parte da área ao longo dos anos (Assessoria, 2018). Com isso, familiares e amigos do grupo teatral iniciaram um projeto de reflorestamento e recuperação da área degradada, contando com o apoio dos sócios fundadores, originando assim o Projeto Terra Cura.

O projeto de reflorestamento iniciou em outubro de 2016, com a plantação de 150 mudas de árvores frutíferas nativas, adquiridas através da Prefeitura de Porto Velho (Assessoria, 2018). No ano seguinte, voluntários aderiram ao projeto de forma que, em 2018, já haviam mais de 700 árvores plantadas, além de um viveiro com mudas de várias espécies e um jardim no entorno da igreja da comunidade.

Em decorrência do crescimento da demanda do projeto, iniciou-se um sistema agroflorestal na área e também houve a necessidade da implantação de uma sede para o mesmo. Uma vez que o Projeto Terra Cura foi fundado nos princípios permaculturais, a sede não poderia ser diferente. Sendo assim, foi elaborado um projeto arquitetônico nos princípios da bioarquitetura. A proposta foi desenvolvida de forma a aproveitar os materiais existentes no local, como peças de madeira, bambu, terra, palha e pedras, bem como materiais descartados da construção civil nos arredores. Por conseguinte, o projeto teve início com a coleta dos primeiros materiais, o qual foi realizado durante o período de um ano.

A construção da casa iniciou em 2018, envolvendo voluntários e cursistas através do 1º Curso de Bioconstrução realizado no estado e, desde então, outros cursos, vivências, visitas técnicas e estágios de construção com terra foram desenvolvidas através do projeto, além do reflorestamento da área, feiras, mutirões de limpeza, atividades culturais, entre outros.

O projeto conta hoje, com a colaboração de cerca de 20 voluntários que doam seu tempo e o conhecimento em suas áreas profissionais ou de interesse e contribuem em todas as atividades desenvolvidas no espaço. O estado de Rondônia sofre com grande desmatamento em decorrência da agropecuária e, dessa forma, o projeto tem a missão de preservar e manter a Floresta Amazônica, disseminando a prática através das atividades que realiza e compartilha.

Atualmente, são desenvolvidas no local as seguintes atividades: reflorestamento, construção da sede, a qual é a primeira a usar a técnica de terra ensacada em Rondônia, implantação de sistema agroflorestal e manutenção de um viveiro.

4.2 O projeto arquitetônico da Casa Mãe

O local para a implantação da sede do projeto foi cedido pelo Grupo Teatral Êxodo, e está localizado às margens do Rio das Garças (figura 2).



Figura 2. Imagem aérea da construção da Casa Mãe e arredores (crédito: E. Francischelli, 2019)

O programa de necessidades da casa foi elaborado de acordo com as necessidades do projeto e orçamento existente. Sendo assim, foram projetados dois dormitórios e uma suíte, além de uma sala integrada com uma cozinha, banheiro social, área de serviço e varanda, compondo 153,46 m². Todos os cômodos foram desenhados de acordo com o melhor aproveitamento da orientação solar e ventos predominantes na região, a fim de proporcionar economia energética, utilizando os fatores iluminação e ventilação naturais. O desenho da casa partiu do princípio da simplicidade, objetivando a fácil execução.

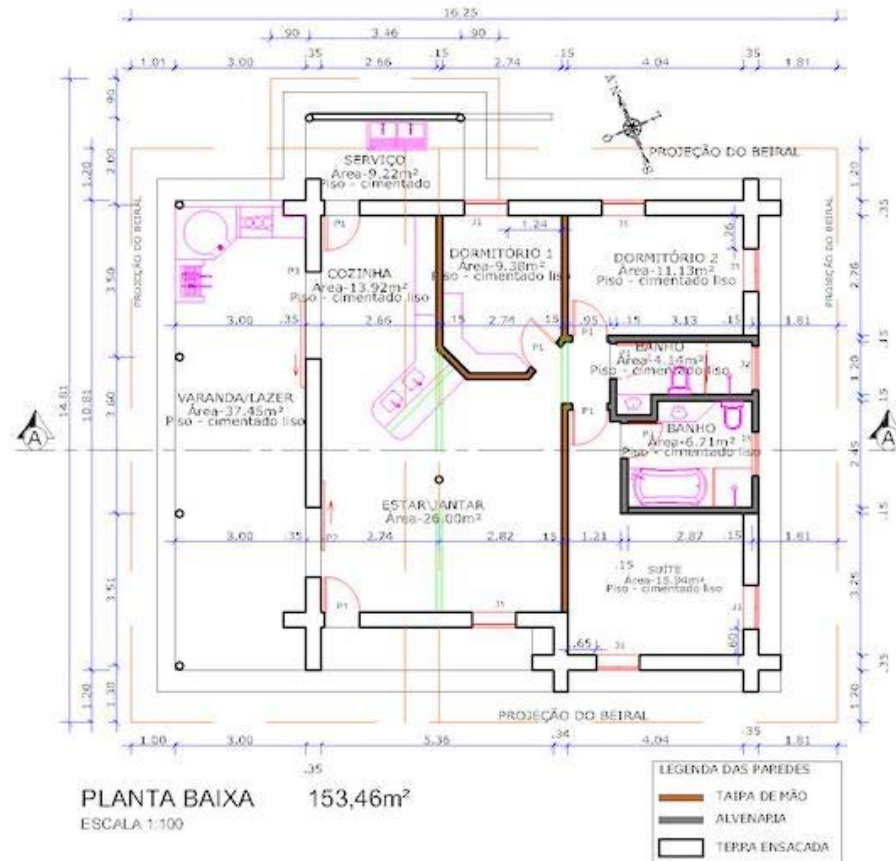


Figura 3. Planta baixa da Casa Mãe

O projeto foi pensado para preservar o entorno, sem necessidade de derrubada de árvores. As diretrizes iniciais para a elaboração do projeto arquitetônico foram orientadas por limites orçamentários, o que não é um problema, mas uma questão essencial que contribui fortemente no processo de estudo, criação e elaboração do projeto. Devido a isso, foi realizado um levantamento de materiais disponíveis no terreno e outros que poderiam ser reutilizados através do descarte de outras obras dentro dos limites do município.

Seguindo o levantamento realizado, a fundação da sede consiste no reaproveitamento de pedras do tipo rachão de antigas demolições de uma usina, bem como de restos de obra de uma rodovia nas proximidades. Este fato diminuiu uma parte das despesas do projeto e evitou descarte inadequado de resíduos através do reaproveitamento. Na fase de construção da fundação, as pedras foram assentadas com argamassa de cimento na proporção de 1:3, sendo esta uma ótima fundação para suportar o peso das paredes de terra compactada que vieram depois.

A construção conta com uma parte de vedação convencional (alvenaria de bloco no banheiro) e outras com técnicas construção com terra: terra encadada para as paredes externas e taipa de mão e *cordwood* para as paredes internas. A escolha da terra encadada como técnica principal está no fato da sua facilidade de manuseio, na disponibilidade de material no local, baixo custo e capacitação rápida. Entretanto, como o processo desta construção depende de voluntários e também tem a intenção pedagógica de divulgar a

prática através de vivências e cursos de capacitação, a casa ainda está em fase de construção até o presente momento.

Para a construção das primeiras paredes, foi utilizada terra do próprio local. Contudo, em decorrência da demanda, foi preciso adquirir cerca de 32m³¹ para continuação da obra. Para a Casa Mãe, foram utilizados aproximadamente 1500 m de saco de ráfia para as paredes externas, as quais já estão finalizadas.

As peças de madeira utilizadas para o *cordwood* e estrutura das paredes de taipa de mão foram retiradas do local. Estas já se encontravam caídas naturalmente em virtude do regime pluvial local, facilitando o corte e manuseio do material. Estas peças foram impermeabilizadas com óleo queimado do motor de carros.

À princípio, toda vedação interna seria feita de taipa de mão com armação de tiras de bambu (*Bambusa tuldooides*), disponível no próprio local. Para fins de experimentação de outras técnicas, ocorreu uma modificação do projeto em uma das divisórias internas, onde foi construída uma parede de *cordwood*² (figura 4).



Figura 4. Paredes externas feitas de terra ensacada e parede interna na técnica de *cordwood*. Ao fundo, plantação de bambu disponível no local (crédito: L. Lopes, 2019)

De acordo com o projeto, a casa tem pé direito elevado e o telhado é formado por duas águas de diferentes alturas, proporcionando ventilação do tipo lanternim, estratégia recomendada para região norte do Brasil. As telhas metálicas são reaproveitadas e recebem cobertura externa de palha de babaçu (*Attalea speciosa*) e a parte interna é composta por forro de esteiras de bambu. Nas paredes de taipa de mão, as instalações elétricas são embutidas de forma que os eletrodutos são instalados antes do barreamento. Já nas paredes de terra ensacada, a instalação elétrica é aparente. As portas e janelas são reaproveitadas e foram coletadas de uma casa demolida.

Uma parte importante do projeto da “Casa Mãe” está no tratamento dos resíduos gerados pela mesma, que é realizado através de dois sistemas: bacia de evapotranspiração (BET) para resíduos provenientes de bacias sanitárias e o sistema de círculo de bananeiras, para resíduos provenientes de pias, tanques e chuveiros. (águas cinzas) A BET consiste em um tanque lacrado e isolado do solo com uma câmara anaeróbia e camadas filtrantes até chegar na camada superior, uma camada vegetal responsável pela transpiração dos fluídos que chegam até as raízes por processo de percolação. Já o círculo de bananeiras tem um processo parecido com o mencionado anteriormente, porém sem a necessidade de isolamento e de camadas filtrantes, contendo em seu interior, apenas camadas orgânicas de troncos e galhos em espessuras variadas.

¹ Essa quantidade está relacionada ao que foi usado até o presente momento da obra, a qual ainda está em andamento. Uma vez que as paredes de terra ensacada foram finalizadas, será necessária a aquisição de mais terra para execução das paredes de taipa de mão e do reboco.

² Esta parede foi construída em outra atividade de capacitação do Projeto Terra Cura, um ano depois do 1º Curso de Bioconstrução em Rondônia.

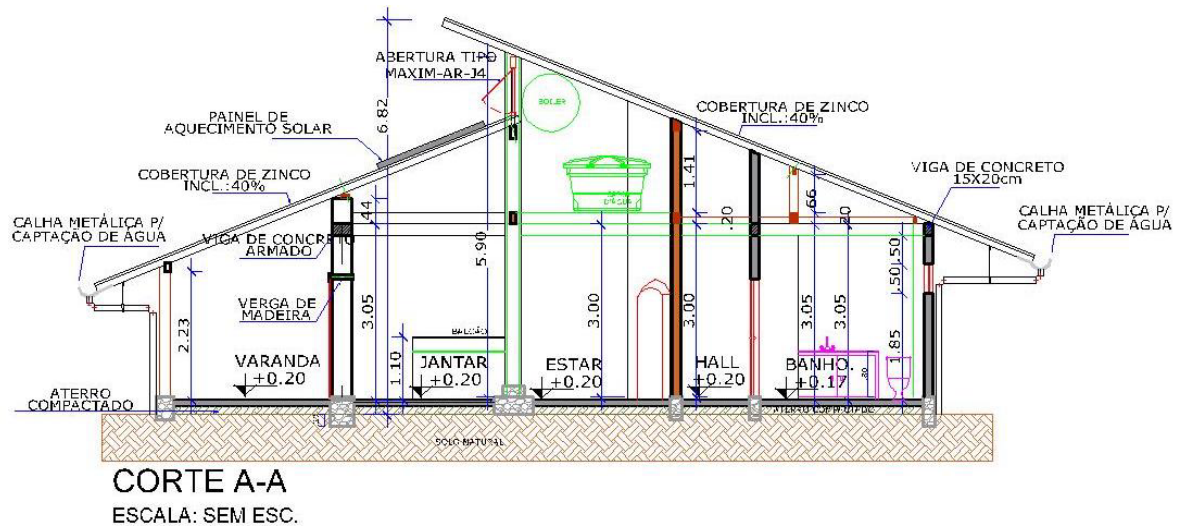


Figura 5. Desenho técnico de corte do projeto da Casa Mãe

4.3 O 1º Curso de Bioconstrução em Rondônia

O 1º Curso de Bioconstrução em Rondônia ocorreu entre os dias 19 e 22 de Julho de 2018 e envolveu cerca de 30 pessoas entre profissionais, voluntários e alunos. A divulgação foi realizada através das redes sociais, bem como em matérias de jornais eletrônicos, cartazes em instituições de ensino das áreas afins da construção e programas de rádio local.

Para realização do curso, algumas etapas da construção já estavam prontas: fundação, parte da estrutura das paredes que receberiam a técnica de taipa de mão e a proporção correta do solo que seria empregado, pois os testes foram realizados antes do curso, de forma a aproveitar melhor o tempo do mesmo.

O curso iniciou com a recepção dos alunos, apresentação do Projeto Terra Cura e seu espaço, bem como as acomodações e regras do local, além do cronograma do curso. Em seguida, foi realizada uma roda de conversa sobre as expectativas dos cursistas, questionando-os sobre seus interesses e possíveis experiências anteriores acerca do tema. Muitos relataram curiosidade e mencionaram falta de oportunidade prática com as técnicas de construção com terra. Após este momento, foi realizada uma aula teórica expositiva, apresentando um panorama geral de técnicas, enfatizando as que seriam realizadas no curso através de fotografias e esquemas figurativos, discorrendo sobre arquitetura orgânica e história da construção com terra. A manhã foi finalizada com apresentação do projeto arquitetônico da construção, sucedida da apresentação do canteiro de obras, almoço e descanso. Deste momento em diante, a maior parte do curso foi dedicada à prática de obra.

Os cursistas foram divididos em grupos para realizar as seguintes tarefas: a) preparação do barro para a taipa de mão (peneiração da terra, separação da palha de bambu, areia e água e mistura dos materiais), b) preparação da massa de terra ensacada (umidificação da terra, transferência do material), c) finalização da estrutura de bambu para taipa de mão; d) execução das fileiras de terra ensacada, e) execução da parede de taipa de mão,, e f) impermeabilização de peças de madeira para uso posterior.

Para o funcionamento da obra e aproveitamento do curso, o trabalho deve ser feito com uma equipe organizada. Essa organização foi realizada através dos grupos de alunos na rotatividade de todas as tarefas e etapas da obra. Para a construção de uma fiada de parede de terra ensacada, por exemplo, há necessidade de, no mínimo, seis pessoas, envolvendo o trabalho de: preparar a terra, transportá-la, encher baldes e transferir a terra para o saco de rafia enquanto duas pessoas seguem compactando a estrutura.

Para construção da parede de taipa de mão, os cursistas foram divididos nas tarefas de preparação do barro e finalização da trama de bambu. Durante o barreamento, foram inseridas garrafas de vidro na parede como forma de reutilização do resíduo, acabamento

estético e possível diminuição de custo de material. Durante a prática nos três dias e meio de curso, construíram-se 4 cerca de 21 m de terra ensacada e 5 m² de taipa de mão.



Figura 6. Compactação da primeira fiada de terra ensacada durante o 1º Curso de Bioconstrução em Rondônia (crédito: R. Morão, 2018)

Os cursistas também aprenderam a utilizar ferramentas básicas de obra: enxada, pá, alicate, carrinho de mão, entre outros. Embora a utilização destas ferramentas seja, de certa forma, conhecida, a postura e os movimentos utilizados contribuem para o desenvolvimento do trabalho de forma confortável.

A programação do curso abrangeu, além de técnicas de construção com terra, outras atividades tais como: apresentação e história do projeto Terra Cura, aula teórica sobre arquitetura orgânica, apresentação do projeto arquitetônico da casa, exibição de documentários e bate papo acerca do tema da construção com terra, bate papo sobre alimentação vegetariana (alimentação ofertada durante o curso), prática de yoga para alongamento corporal, oficina de tintas de terra (teoria, preparo e teste) e atividade cultural.

A finalização do curso foi realizada em uma roda de conversa, para ouvir, dos participantes, pontos positivos e negativos da experiência e o que poderia ser melhorado, bem como um momento de agradecimento a todos os envolvidos neste curso pioneiro e tão significativo para a região.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O 1º Curso de Bioconstrução em Rondônia teve a intenção de difundir técnicas de construção com terra e inspirar mais pessoas a acreditarem no potencial delas, com base na prática de construção usando as próprias mãos.

O curso foi planejado e realizado de forma que os participantes realmente se sentissem integrados à construção, atuando não apenas como instrumento de obra. Para isso, a execução das técnicas construtivas foram explicadas, debatidas e executadas de maneira participativa. Durante o processo de preparação do barro para a taipa de mão, por exemplo, os participantes eram questionados sobre a composição da mistura de forma sensível, comparando com as misturas preparadas anteriormente. Embora realizados testes para

determinar a proporção dos materiais, o questionamento teve o intuito de fazer com que os participantes também inserissem a sensibilidade na prática com o uso materiais naturais. Durante o processo de construção da taipa de mão, observou-se o resgate da memória entre alguns participantes, ao relatarem que conheciam a técnica por histórias contadas pelos pais ou avós ou que, quando crianças, haviam praticado ajudando seus familiares em técnica semelhante.

Todos os cursistas passaram por todas as fases de obra, revezando atividades para experimentar todo o processo. Ao iniciar uma nova tarefa, os alunos recebiam orientações e eliminavam dúvidas com os facilitadores. Importante destacar que, com o desenvolvimento da prática, os cursistas foram se sentindo à vontade com as técnicas, trocando aprendizados e percepções com os demais colegas.

O processo da aplicação da técnica de terra ensacada demonstrou a simplicidade e agilidade na construção com terra, além de comprovar economia, eficiência energética e flexibilidade de formas.

Dentre os participantes do curso estavam estudantes e profissionais da área de arquitetura e urbanismo e engenharia civil, além de diversas outras áreas, interessados em aprender técnicas mais econômicas e participativas de construção, com o intuito de estudar possibilidades para construção de suas casas futuramente. Mesmo contando com a participação de pessoas da área, para a grande maioria, a construção com terra foi uma novidade tanto no contexto teórico mas, principalmente, no nível prático.

O curso foi um grande sucesso e, devido à repercussão e pioneirismo das atividades do projeto Terra Cura, a partir deste, foram realizadas visitas técnicas a instituições de ensino, não somente do ramo da construção, mas também da área de biologia. Ademais, alguns alunos do curso Técnico de Edificações do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Rondônia - *Campus* Calama, realizaram seus estágios no Projeto Terra Cura, como requisito para sua formação. Outras iniciativas também uniram-se ao projeto, como responsáveis locais do Instituto Lixo Zero, realizando oficinas práticas na obra e bate papo sobre a importância da construção com terra na diminuição do impacto ambiental no planeta. O êxito do curso também promoveu a curiosidade da mídia local, que tem realizado e divulgado matérias em jornais eletrônicos e televisivos.

Em decorrência da pandemia Covid-19, as práticas de mutirão foram suspensas, sendo realizadas apenas pelos moradores locais. Por conta desta parada involuntária, a obra ainda está em andamento e, aos poucos tem retomado atividades com público reduzido, dentro dos parâmetros de segurança necessários. Para manutenção das atividades durante o período, foram realizadas feiras virtuais de venda de mudas do viveiro do projeto, bem como atividades culturais e educacionais de forma remota.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Projeto Terra Cura, por ser precursor nos assuntos ligados à permacultura (construção com terra, sistema de agrofloresta, entre outros) na região, tem estimulado o conhecimento de profissionais da área, estudantes e leigos que encontram neste projeto uma forma de inspiração e experimentação para possíveis replicações em outros lugares.

No âmbito da construção com terra, é possível dizer que a oferta do curso deu início a uma pequena revolução, de forma que aos poucos, o tema tem sido inserido tanto no contexto acadêmico, como também promovido outras iniciativas locais, tendo em vista que voluntários iniciaram projetos semelhantes, formando uma rede de permacultores e multiplicadores.

Após o sucesso do primeiro curso de construção com terra, outros cursos e mutirões foram ofertados, ensinando as técnicas de construção com terra descritas neste artigo. Além disso, cada vez mais o projeto tem sido convidado para apresentar palestras, participar de eventos de cunho ambiental, social, cultural, etc.

O Projeto Terra Cura tem como objetivo ser referência para a sociedade na proteção, preservação e recuperação de ambientes naturais, além da promoção da sustentabilidade ambiental, respeito à biodiversidade, defesa do bem comum e consumo consciente. Dentro do propagado cenário de crise ambiental global e do grande enfrentamento local no que se refere à preservação da Floresta Amazônica, o projeto persiste na desafiadora missão de ser referência para a sociedade na proteção, preservação e recuperação de ambientes naturais, além da promoção da sustentabilidade ambiental, com respeito à biodiversidade, defesa do bem comum e consumo consciente. O projeto é arrojado e tem o intuito de disseminar suas práticas, compartilhando e inspirando cada vez mais pessoas a replicá-lo, como forma de preservar a continuação da vida.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cançado, Wellington (2017). Desconstrução civil. Piseagrama, n.10, p.102 – 111. Belo Horizonte.
- Carvalho, Julio. (2009) Um olhar sobre o urbanismo e a arquitetura de Porto Velho. Rio de Janeiro: Fundação Iaripuna de Cultura.
- Gil, Antonio Carlos (2017). Como elaborar projetos de pesquisa. 6. ed. São Paulo : Atlas.
- Minke, Gernot. (2015). Manual de construção com terra: uma arquitetura sustentável. São Paulo: B4 Editores
- Moassab, Andréia, Name, Leo (org) (2020). Por um ensino insurgente em arquitetura e urbanismo. Foz do Iguaçu: EdUnila.
- Jerusalém da Amazônia - O maior teatro a céu aberto do país. (s.d.). Rondoniaweb. Disponível em: <https://rondoniaweb.jimdofree.com/turismo-e-cultura/jerusalém-da-amazônia/>. Acesso em: 29 jul. 2021.
- Silva, Cláudia Gonçalves Thaumaturgo (2000). Conceitos e Preconceitos relativos às Construções em Terra Crua. Dissertação de mestrado. Rio de Janeiro: Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca - Fundação Oswaldo Cruz
- Terra Cura: Curso de bioconstrução nesta semana em Porto Velho. Rondoniavivo. 16 de Jul de 2018. Disponível em: <https://rondoniavivo.com/noticia/geral/2018/07/16/terra-cura-projeto-de-reflorestamento-e-bioconstrucao-realiza-curso-em-porto-velho.html>. Acesso em: 02 mai. 2021.
- Toledo, Renata. Jacobi, Pedro (2013). Pesquisa-ação e educação: compartilhando princípios na construção de conhecimentos e no fortalecimento comunitário para o enfrentamento de problemas. Revista Educação e Sociedade, Campinas, v. 34, n. 122, p. 155-173, jan.-mar.
- UN-Habitat, World Cities Report 2016. Urbanization and Development: Emerging Futures. Nairobi: United Nations human Settlements Programme, 2016.

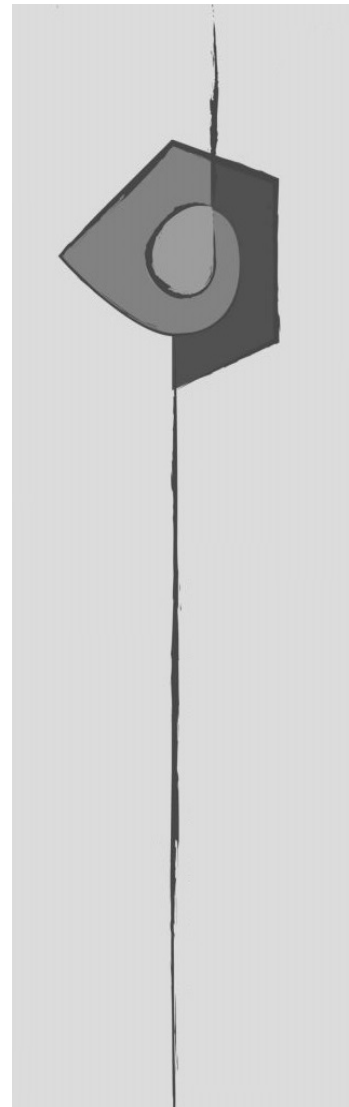
AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a todas as pessoas envolvidas no Projeto Terra Cura, em especial Luana Lopes, gestora deste projeto tão importante para a região, que disponibilizou informações para construção deste artigo. Agradecem também ao professor e fotógrafo Eduardo Francischelli, que documentou uma fase da construção e disponibilizou imagens para o mesmo, além de todos os voluntários e pessoas envolvidas no projeto desde o seu início até o momento atual.

AUTORES

Regina Célia Gonçalves Morão, mestre em geografia; arquiteta e urbanista; professora do Ensino Básico, Técnico e Tecnológico do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia – *Campus* Vilhena. coordenadora do Projeto de Extensão Ciclo Infinito: compostagem de resíduos orgânicos residenciais; foi facilitadora do 1º Curso de Bioconstrução em Rondônia. Currículo completo em: <http://lattes.cnpq.br/6954142865993180>

Bruno Thiago Paz de Lima Alves, arquiteto e urbanista pela Universidade Luterana do Brasil; permacultor pelo Instituto Curare de Botucatu, SP; foi facilitador do 1º Curso de Bioconstrução em Rondônia, além de ter participado de outras obras de construção com terra pelo Brasil. Currículo completo em: <http://lattes.cnpq.br/4722453197000262>



Projetos & Obras

Textos relativos a a trabalhos profissionais (não se trata de trabalho de investigação, ou experimentos, ou protótipos), nos quais uma ou mais técnicas de construção com terra tenha participação expressiva (podendo ser associada a outros materiais).

Podem ser relativos a um projeto já executado (obra) ou simplesmente a um projeto.



CASA DÉVICA, Farroupilha-RS

Gabriele Martins, James T. Schmitt e Paulina Engler

Resumo

Localizada no município de Farroupilha (RS), a Casa Dévica faz menção ao Reino Dévico, composto por seres que também sustentam e manifestam a Vida na Terra, onde todos são guardiões, mesmo nas mais diferentes expressões e níveis de consciência. A casa foi projetada para um casal que além de morar, tinham como objetivo oferecer visitas para quem busca conhecimento de uma vida em harmonia com o ecossistema. Outro elemento muito importante a ser pensado, é que o próprio casal dedicaria todo seu tempo para a construção, por isso seria necessário uma capacitação de mão de obra.



Figura 1: Ilustração do projeto (elaboração James T. Schmitt)

Partido arquitetônico

Desde o princípio, o casal cliente apresentou seu gosto pela cozinha; os dois são veganos e gostam muito de experimentar novas receitas, por isso, a cozinha deveria ser o coração da casa: um espaço amplo, prático e muito aconchegante.

Além disso, entre as premissas do projeto estavam o pé direito alto, cobertura vegetal e a iluminação e ventilação naturais dos espaços, objetivando sempre a conexão do interno com o ambiente natural do terreno.

Para dar início aos estudos de viabilidade também foi realizado uma conversa com os clientes sobre quais os materiais que se teria a disposição. Entre eles foram elencados pedras para muros, vidros, tijolos de vidros, algumas esquadrias e bambu. E a partir dos materiais e das condicionantes climáticas iniciou-se o anteprojeto.

Programa de necessidades e implantação

O projeto da Casa Dévica se desenvolve em três pavimentos com 188m²: térreo, porão e mezanino. No pavimento térreo, acesso principal (nível 0,0), acontece a sala de estar/jantar, banheiro social, dois quartos, e a cozinha como elemento principal, que acontece em diferente nível (nível -0,5) com o objetivo de diferenciar o espaço e também torná-lo mais aconchegante; junto à cozinha também se tem uma sacada com vista à continuação do terreno, que futuramente será implantada uma agrofloresta.

Ainda no primeiro pavimento está previsto um jardim de inverno, voltado para a fachada norte e oeste da residência, assim ele trabalha como uma estufa, aquecendo a parede de terra no inverno.



Figura 2: Planta baixa humanizada do pavimento térreo

No porão, localiza-se uma garagem, que também se torna um espaço multiuso para eventuais jantares e almoços oferecidos na casa. Além disso, também tem a lavanderia, um lavabo e uma adega. O porão se conecta diretamente com a área externa de vegetação, por isso deve ser trabalhado muitas abertura permeáveis aos olhos.

Já o mezanino é o espaço do ateliê e também de um compartimento para caixa d'água, sendo que o ateliê tem uma vista totalmente aberta para os ambientes de cozinha, salas e circulação. O ateliê também recebe uma iluminação privilegiada de uma abertura no telhado

em shed. Essa abertura é virada para o Oeste e além de iluminar também faz o trabalho de ventilação cruzada, forçando o ar quente a circular e sair da casa quando necessário. Tanto o porão quanto o mezanino se conectam com o primeiro pavimento por uma escada, dessa forma, são duas escadas na casa.

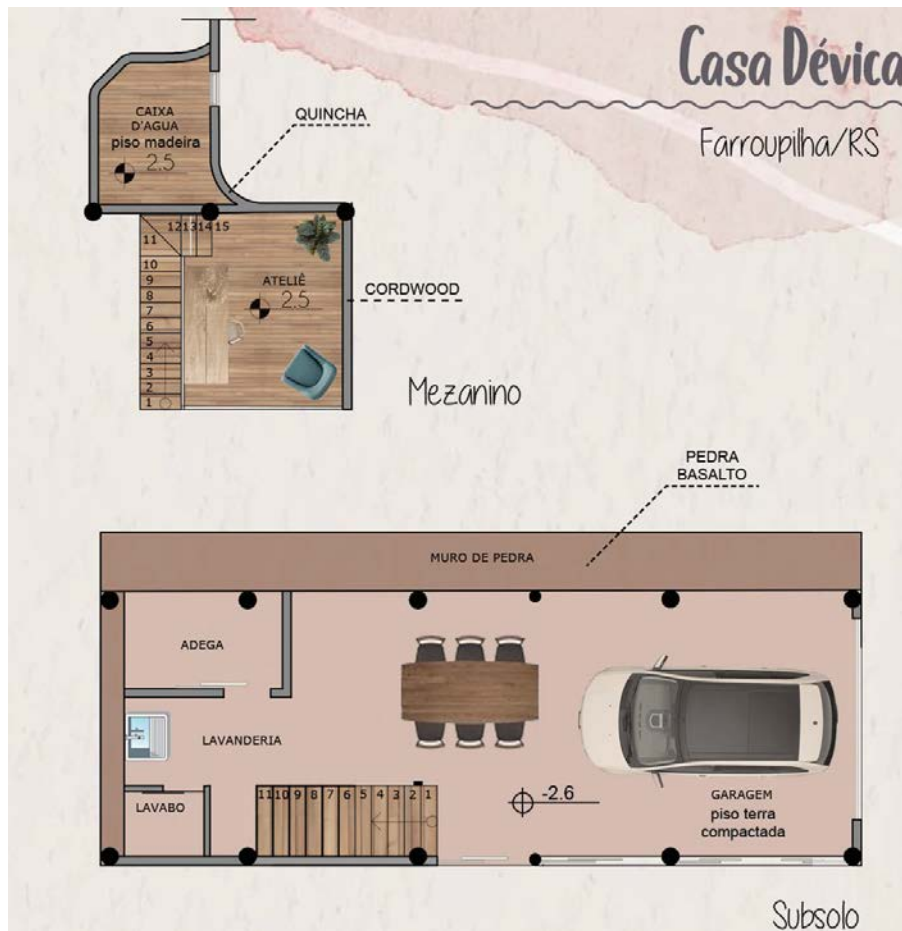


Figura 3: Planta baixa humanizada, mezanino e subsolo



Figura 4: Corte longitudinal humanizado



Figura 5: Corte transversal humanizado

Sistema construtivo e materiais

A edificação foi implantada em um terreno rural com um declive de 6m em relação à rua. Assim, aproveitando a inclinação do terreno, foi desenvolvido o porão, que, na sua fachada norte, é enterrado e nela construído um muro com pedras do local. E foi por esse muro, que se iniciou a obra. Além de seu uso no porão, as pedras estão presentes na fachada principal, como base para iniciar a parede de terra e distanciá-la da infiltração de água.

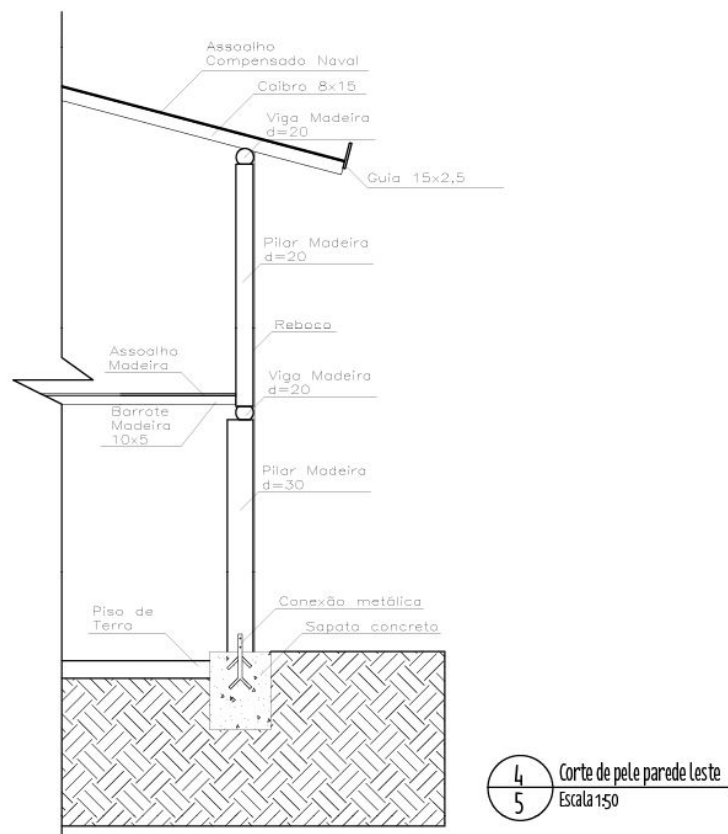


Figura 6: Corte de pele mostrando os encaixes das madeiras

A estrutura da residência é inteiramente de madeira eucalipto (*Eucalyptus*), tratada em autoclave. Os pilares são trabalhados em cima de fundações e vigas baldrame de concreto. Em todos os pilares de madeira, as sapatas sobem acima do solo cerca de 15cm e o pilar é conectado com o concreto por meio de uma barra roscada, para evitar o contato da madeira com a umidade do solo (figura 6).

A cobertura da Casa Dévica também é trabalhada com estrutura em madeira e uma cobertura vegetada, com plantas rasteiras de pequeno porte. Essa cobertura desenvolve-se em duas águas, as quais formam uma abertura em shed, como citado anteriormente.

A execução da cobertura foi realizada em sete etapas de construção: primeira, instalação do assoalho; segunda, instalação da geomembrana (neste caso de 0,8mm); terceira, colocação da membrana geotêxtil; quarta, colocação de uma estrutura que impeça a terra de descer (colocada uma estrutura de bambu); quinta, colocação de uma camada de terra; sexta, em cima da terra, colocação de muita palha, cerca de 25cm; e sétima, plantação da vegetação conforme a adaptação na região.



Figura 7: Execução do telhado verde extensivo

As paredes de vedação da casa foram desenvolvidas com técnica mista e, em algumas partes, com parede dupla de madeira e preenchimento termo acústico de isopor reutilizado.

A execução da obra envolveu diversas etapas e mão de obra: teve uma equipe dedicada aos muros de pedra e outra para a execução da estrutura da casa. A parte de vedações das paredes foi trabalhada em regime de autoconstrução, com muitas pessoas envolvidas, mas a dedicação maior foi pelos donos da casa.



Figura 8: Execução das paredes de terra

O piso da edificação foi desenvolvido com duas técnicas: uma desta, assoalho de madeira para as áreas que não ficam em contato com o solo: quartos, circulação, ateliê, sacada e parte da cozinha; para o restante dos ambientes, foi trabalhado o piso de concreto polido, o qual ganhou um charme com alguns ladrilhos ganhados e reutilizados.

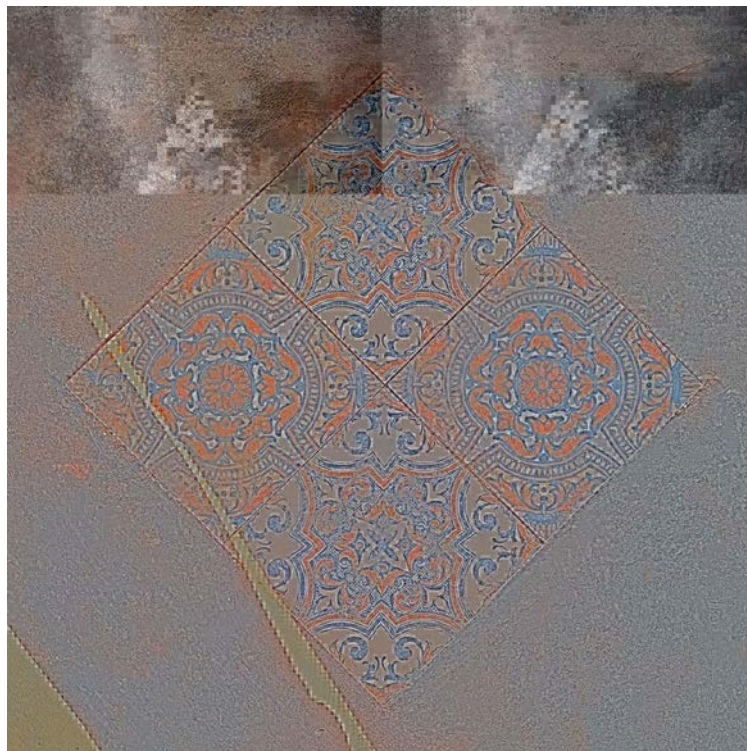


Figura 9: Detalhe do piso de concreto polido com os ladrilhos

Sistema de tratamento de efluentes

Desde o princípio os clientes optaram pela separação das águas cinzas e águas negras, portanto, foi definido trabalhar com o sistema de banheiro seco, utilizando composteira para tratamento dos dejetos.

E as águas cinzas são direcionadas para uma círculo de bananeiras o qual auxilia na filtragem da água e a conduz para o solo.

Esquadrias

A Casa Dévica apresenta uma diversidade de esquadrias, algumas foram conseguidas como doações, outras os próprios moradores que fizeram e poucas foram compradas. A materialidade das esquadrias geralmente é madeira e vidro, trabalhando com diferentes cores e texturas.

Acabamentos

Quanto aos acabamentos das paredes, que ainda estão em fase de execução, será realizado em três camadas: reboco grosso, reboco fino e geotinta. Atualmente a edificação se encontra na fase de aplicação do reboco grosso, o qual está sendo executado com argamassa composta de terra, areia e fibras vegetais na busca de uma traço arenoso e com fibras para diminuir possíveis fissuras.



Figura 10: Detalhes do interior da casa

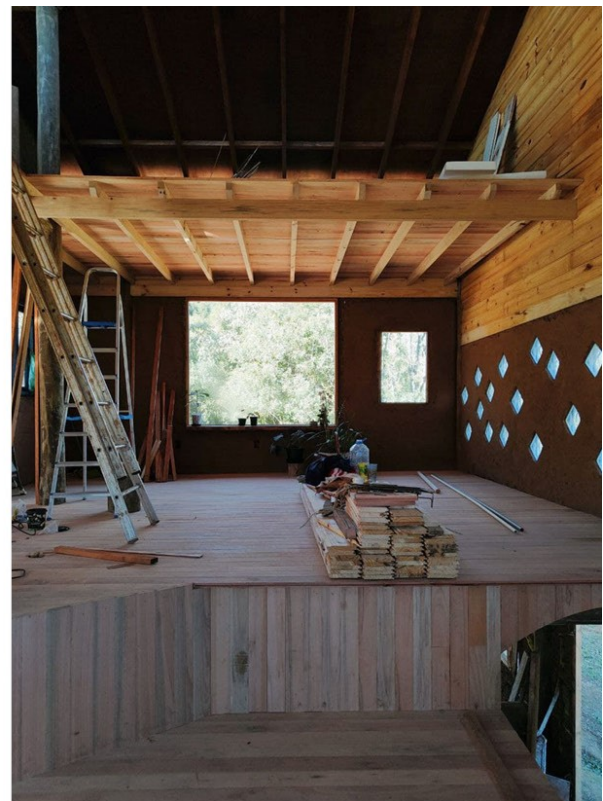


Figura 11: Detalhes do interior da casa



Figura 12: Detalhes do interior da casa



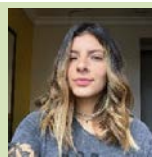
Figura 13: Detalhes externas de execução



James



Paulina



Gabriele

James Taynnã Schmitt

james.taynna.schmit@gmail.com

Arquiteto e urbanista, formado pela Universidade Federal da Fronteira Sul, campus Erechim-RS em 2020. Foi durante a graduação que teve conhecimento da área da bioconstrução e desde então passou a participar e também ministrar diversas oficinas na área. Também participou de projeto de extensão intitulado “Técnicas de bioconstrução aplicadas ao contexto regional”. E depois de formado, junto com sua companheira, iniciaram o projeto ArteNativaMente, um escritório itinerante de bioarquitetura.

Paulina Engler

paulina.biaengler@gmail.com

Arquiteta e urbanista formada pela Universidade Federal da Fronteira Sul, campus Erechim - RS. Durante a graduação sempre se interessou na área de bioconstrução e patrimônio histórico. Estagiou por dois anos no Departamento de Patrimônio do município de Erechim. E depois de formada, junto com seu companheiro, iniciaram o projeto ArteNativaMente, um escritório itinerante de bioarquitetura.

FICHA TÉCNICA**CASA DÉVICA**

Projeto residencial

Local: Farroupilha, RS

Data de início do projeto: 01/10/2020

Data da conclusão da obra: em execução

Área do terreno: aproximadamente 1500m²Área construída: 188 m²

Arquitetura: ArteNativamente

Construção: Autoconstrução

Estrutura: ArteNativamente

Hidráulica: ArteNativamente

Fotos: ArteNativamente e Casa Dévica

Gabriele Martins

rmartins.gabriele@gmail.com

Técnica em edificações e estudante do 10º semestre no curso de arquitetura e urbanismo da Universidade do Planalto Catarinense (Lages, SC). Teve contato com a bioconstrução em 2017 através de algumas vivências e cursos e iniciou, em 2020, estágio no projeto ArteNativaMente.



BIOCONSTRUÇÃO MORRO DO BAÚ, casa e espaço de cerimônia

Beatriz Cristina Horongoso

Resumo

Projeto localizado na zona rural de Ilhota, Santa Catarina, Brasil, em um terreno privado cercado por mata nativa. A proposta do espaço é fazer cerimônias espirituais e oficinas sobre temas diversos, assim como abrigar pessoas para acampamento durante os eventos. Além do espaço para os eventos há também uma residência unifamiliar. O projeto utiliza técnicas mistas — taipa de mão e cordwood — e técnica de alvenaria — adobe autoportante. Foi utilizado também revestimentos naturais, pisos de solo-cimento, fundações de pedra e estrutura de madeira. Os materiais mais utilizados são abundantes no terreno: madeira, terra e pedra.



Figura 1: Perspectiva de maquete eletrônica do projeto apontando os principais materiais e técnicas utilizadas.

Programa de necessidades, conceito e partido arquitetônico

Inicialmente foi desenvolvido o programa de necessidades em que foi solicitado uma casa unifamiliar com tamanho reduzido, uma área externa para oficinas e cerimônias que estivesse conectada à casa e um segundo banheiro externo. As principais premissas eram de que a área de cerimônias fosse uma extensão da sala e cozinha para uso, quando não houvesse eventos, assim como a cozinha e sala pudessem ser utilizadas como apoio em dias de eventos. Outra solicitação era de que o banheiro interno, o banheiro externo e a lavanderia estivessem concentrados em um mesmo local para utilização de paredes de tijolo cerâmico. Em relação às formas, foi solicitado um projeto com linhas retas predominantemente, e de fácil construção. Apenas na área de cerimônias optou-se por uma forma circular para estimular as relações horizontais em eventos e fortalecer o sentimento de comunhão e união ao redor da fogueira.

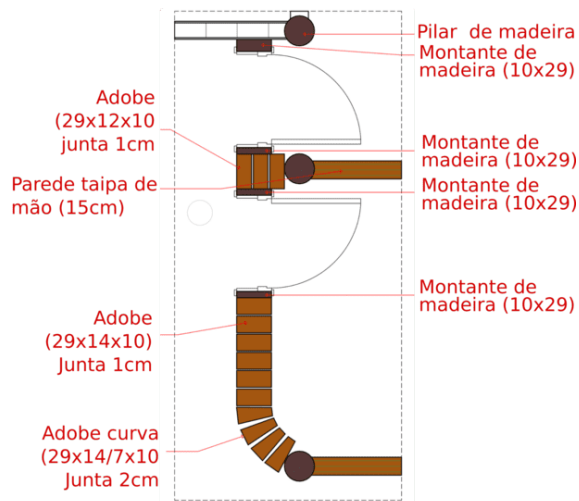


Figura 4: Planta baixa primeira fiada parede de adobe

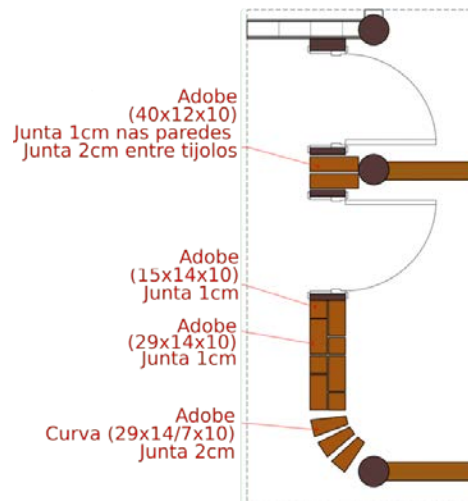


Figura 5: Planta baixa segunda fiada parede de adobe

Para fazer a curvatura da parede de adobe utilizou-se os adobes trapezoidais e para se ter maior facilidade de execução utilizou-se juntas mais espessas, com 2 cm. Os tamanhos dos adobes foram dimensionados para garantir o travamento das paredes entre uma fiada e outra. Apesar de autoportante, essa parede não tem função estrutural dentro do projeto. A figura 6 do corte BB, mostra a parede de adobe em vista.

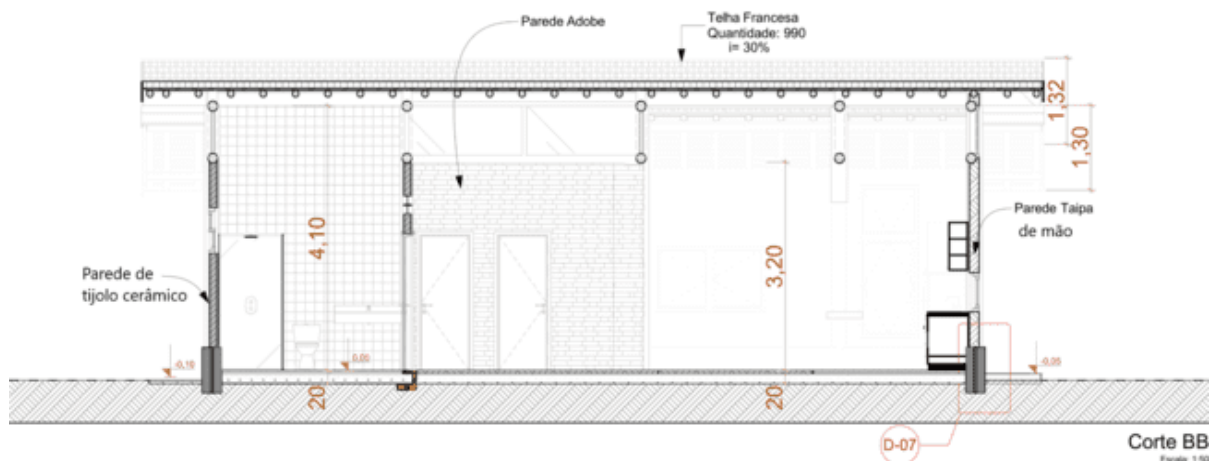


Figura 6: Corte transversal BB

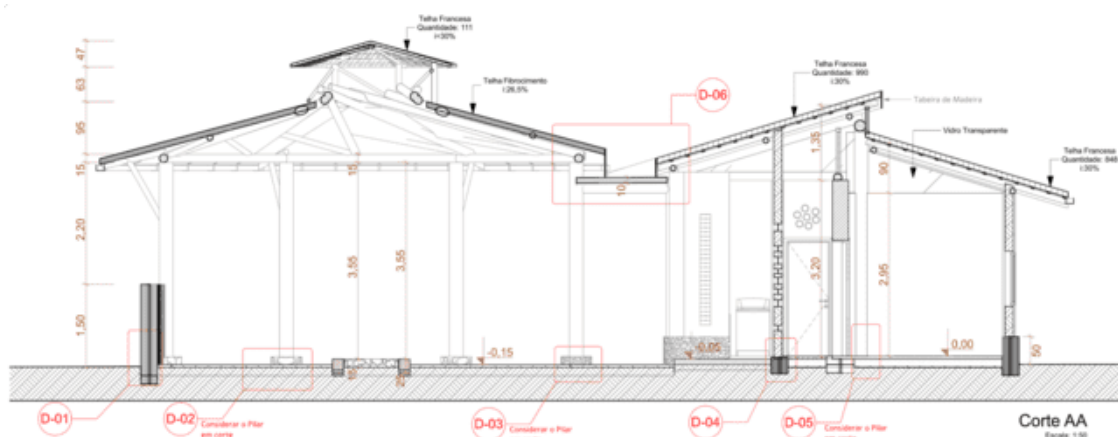


Figura 7: Corte longitudinal AA

Na figura 7 do corte longitudinal estão demarcados os detalhamentos dos diversos pisos escolhidos e na sequência as figuras de 8 a 11 estão os devidos detalhes. Os pisos foram escolhidos conforme o uso de cada área, sendo que para as áreas molhadas utilizou-se cimento queimado, para as áreas íntimas e a sala utilizou-se o piso de terra para obter uma sensação mais quente e aconchegante. Já para as áreas externas utilizou-se o piso de cimento com pedra e na área de cerimônias o solo-cimento, esse último também na intenção de promover um espaço mais quente e aconchegante nessa área.

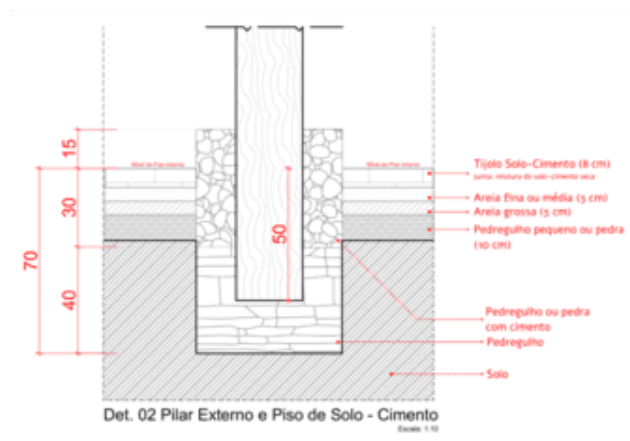


Figura 8: Detalhe 2 piso de solo-cimento

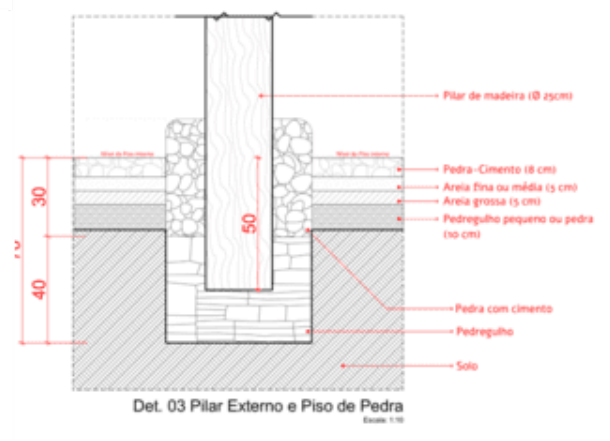


Figura 9: Detalhe 3 piso de cimento pedra

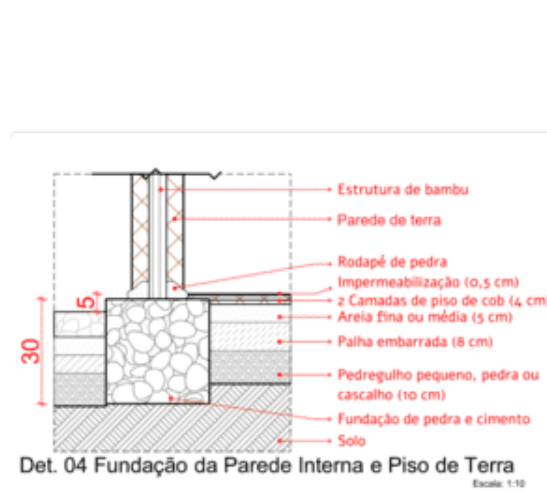


Figura 10: Detalhe 4 piso de terra

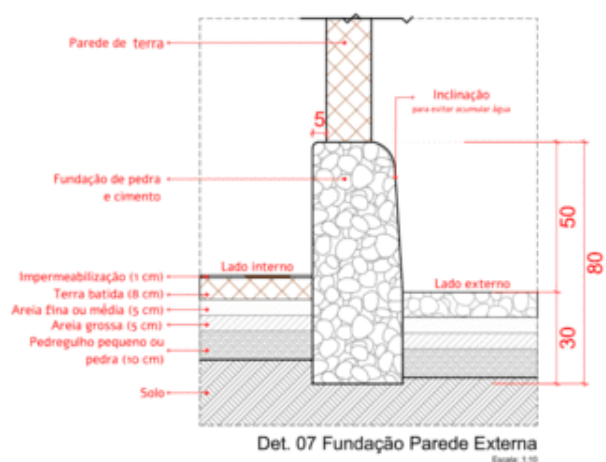


Figura 11: Detalhe 7 piso de terra

Em relação a estrutura de toda a construção foi utilizado madeira da espécie Eucalipto plantadas no terreno, sendo que o sistema estrutural utilizado foi o de pilar-viga com a estrutura do telhado da residência com meias treliças em diferentes níveis de altura para proporcionar abertura zenital e assim obter-se a ventilação cruzada. Na área de cerimônias a estrutura utilizada para o telhado foi a estrutura recíproca, que também proporciona uma abertura central na cobertura que possibilita a saída de fumaça da fogueira localizada abaixo da abertura. A figura 12 ilustra esquematicamente uma perspectiva de maquete eletrônica da estrutura de madeira.

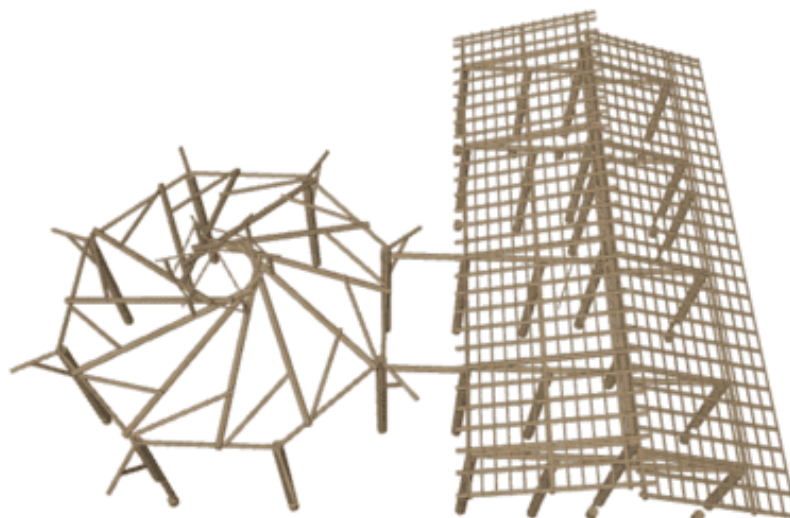


Figura 12: Maquete eletrônica em perspectiva da estrutura de madeira

As paredes do projeto com as técnicas taipa de mão e cordwood têm função apenas de vedação. Elas foram escolhidas pela rapidez e facilidade de execução, além de possuírem baixo custo. A parede de taipa de mão foi utilizada em todos os ambientes, exceto naqueles já mencionados — banheiros e lavanderia. A técnica de cordwood foi utilizada apenas nas paredes que fazem divisa com a varanda, nas partes mais baixas. Por ser uma parede que está totalmente coberta não houve necessidade de levantar a fundação acima do solo para protegê-las, dessa forma pôde-se utilizar a técnica de cordwood na parte mais baixa da parede, como ilustrado na figura 13 elevação 5.

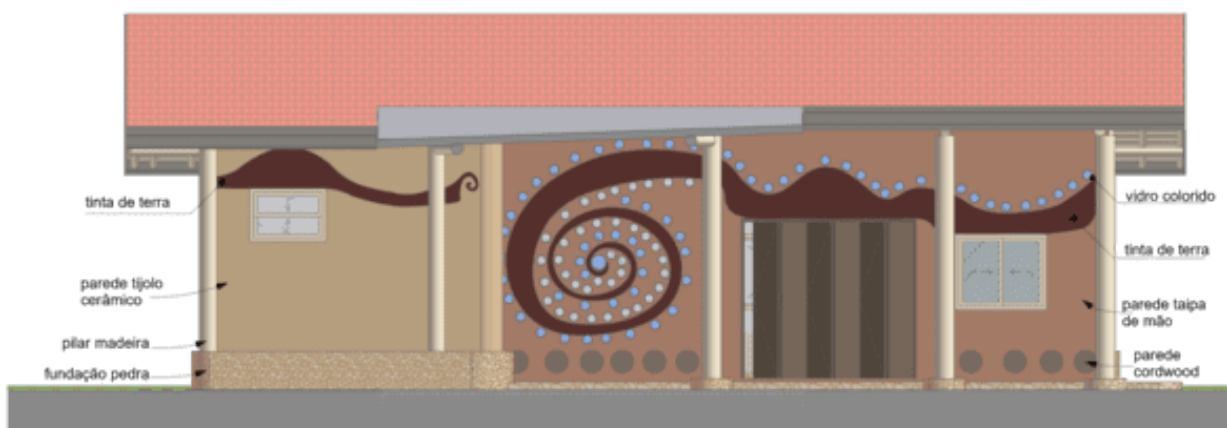


Figura 13: Elevação 5

O cordwood consiste em utilizar tocos de madeira intercalados com massa de barro, por isso é uma técnica que reduz a quantidade de material de preenchimento da parede, além de acelerar a execução da obra. Na figura 14 mostra-se um desenho esquemático dessa técnica e na figura 15 mostra-se um desenho esquemático da taipa de mão. Nessa última tem-se também um destaque para a amarração das garrafas utilizadas para entrada de luz nos ambientes. Na figura 16 com a elevação 3 é possível observar a utilização das garrafas no projeto.

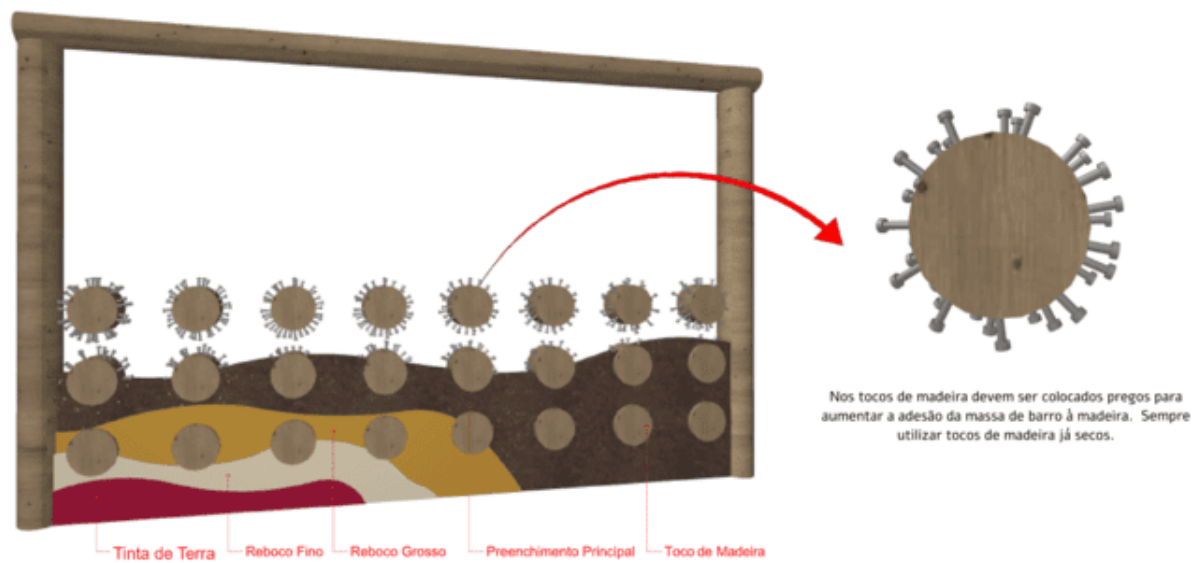


Figura 14: Parede de cordwood

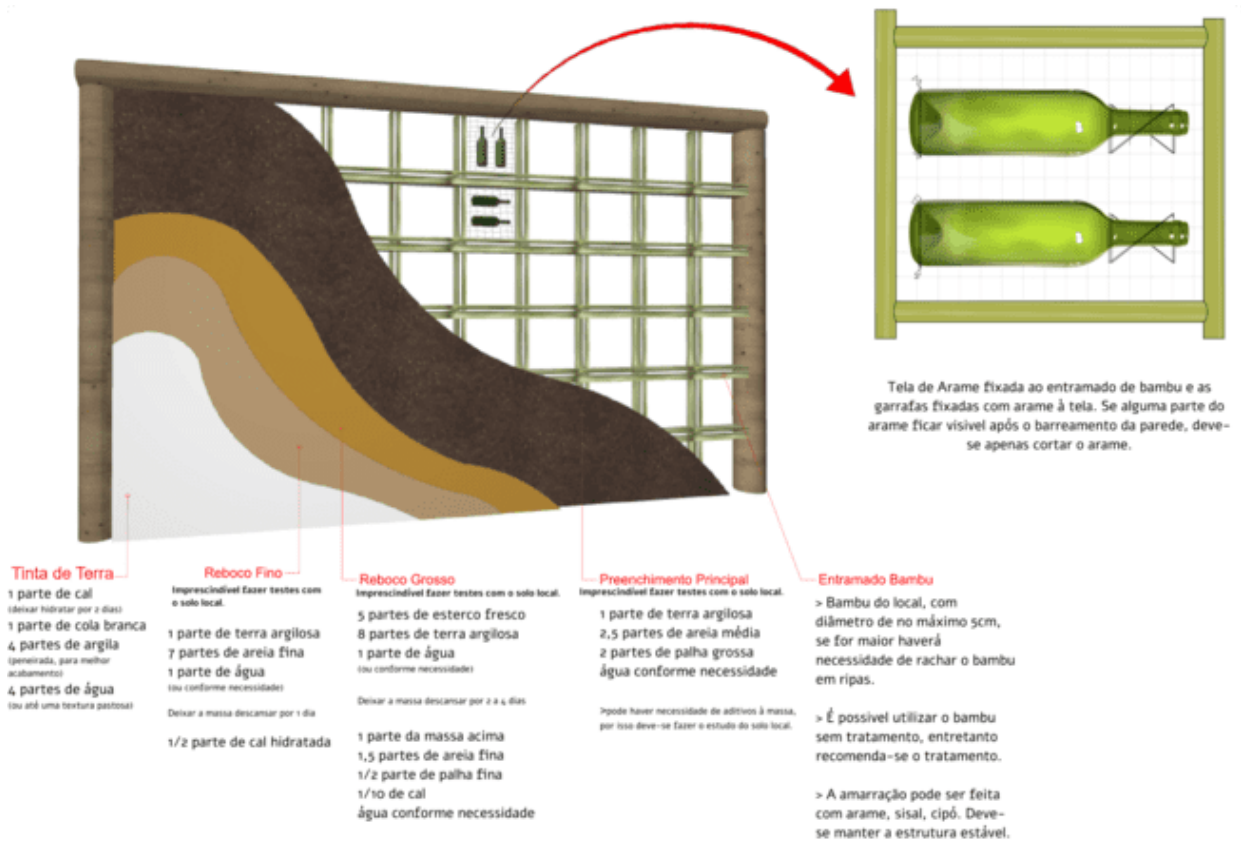


Figura 15: Parede de taipa de mão



Figura 16: Elevação 3

As figuras 17 a 23 ilustram o projeto de forma geral através de maquete eletrônica com renderização.



Figura 17: Vista em diagonal para a área de cerimônias e a residência



Figura 18: Vista para o banheiro 1 externo e área de cerimônias



Figura 19: Vista para a área de cerimônias



Figura 20: Vista diagonal para a porta da sala e a meia-parede da área de cerimônias



Figura 21: Vista para as janelas da cozinha e lateral da área de cerimônias



Figura 22: Vista interna da cozinha



Figura 23: Vista interna da sala e circulação, com a porta do banheiro 1 interno ao fundo



Beatriz Cristina Horongoso

bhorongoso@gmail.com

Arquiteta Urbanista pelo Centro Universitário Leonardo da Vinci - Uniasselvi (2020). Possui qualificação em Permacultura pela Nova Oikos (2016) e em bioconstrução pela Nova Oikos (2018). Atua profissionalmente com bioconstrução, permacultura e paisagismo desde 2020 como profissional liberal.

FICHA TÉCNICA

Bioconstrução Morro do Baú

Função da obra/projeto: Residência unifamiliar e espaço para cerimônia.

Local: Ilhota, Santa Catarina, Brasil

Data de início do projeto: 01/02/2021

Data da conclusão da obra: em andamento

Área construída: 125m²

Arquitetura: Beatriz Cristina Horongoso



Casa Teffé

Reforma de residência unifamiliar
com taipa de pilão – Projeto e obra

Gisele Elisa Steenbock

Sérgio Fernando Tavares

Resumo

Esse projeto trata da reforma e ampliação de uma casa unifamiliar de 50 m² para 127m², no município de Almirante Tamandaré, cidade satélite de Curitiba, no Paraná. O projeto teve início em novembro de 2020 e finalizou-se em janeiro de 2021. Na sequência, em fevereiro de 2021, iniciou-se a execução, que ainda está em curso. Serão relatados os processos executados nas paredes de taipa de pilão até então, com mapeamento de anomalias e apresentação da argamassa a base de terra e adesivo polimérico.



Figura 1: Perspectiva eletrônica da fachada principal

Projeto

O terreno de implantação da edificação localiza-se no bairro Cachoeira, em Almirante Tamandaré (PR). Na ocasião da visita ao terreno de 360m², foi detectada a existência de casa em alvenaria convencional, de aproximadamente 50 m² (área dentro da linha tracejada vermelha na figura 2). Tratava-se de uma casa térrea, pequena, com laje preexistente de concreto armado e cobertura em telha de fibrocimento.

A ideia do jovem casal era ampliar os cômodos, integrando-os de maneira que a casa comportasse espaços de recepção. A estética escolhida da taipa de pilão vem aliada à dos materiais brutos e aparentes.

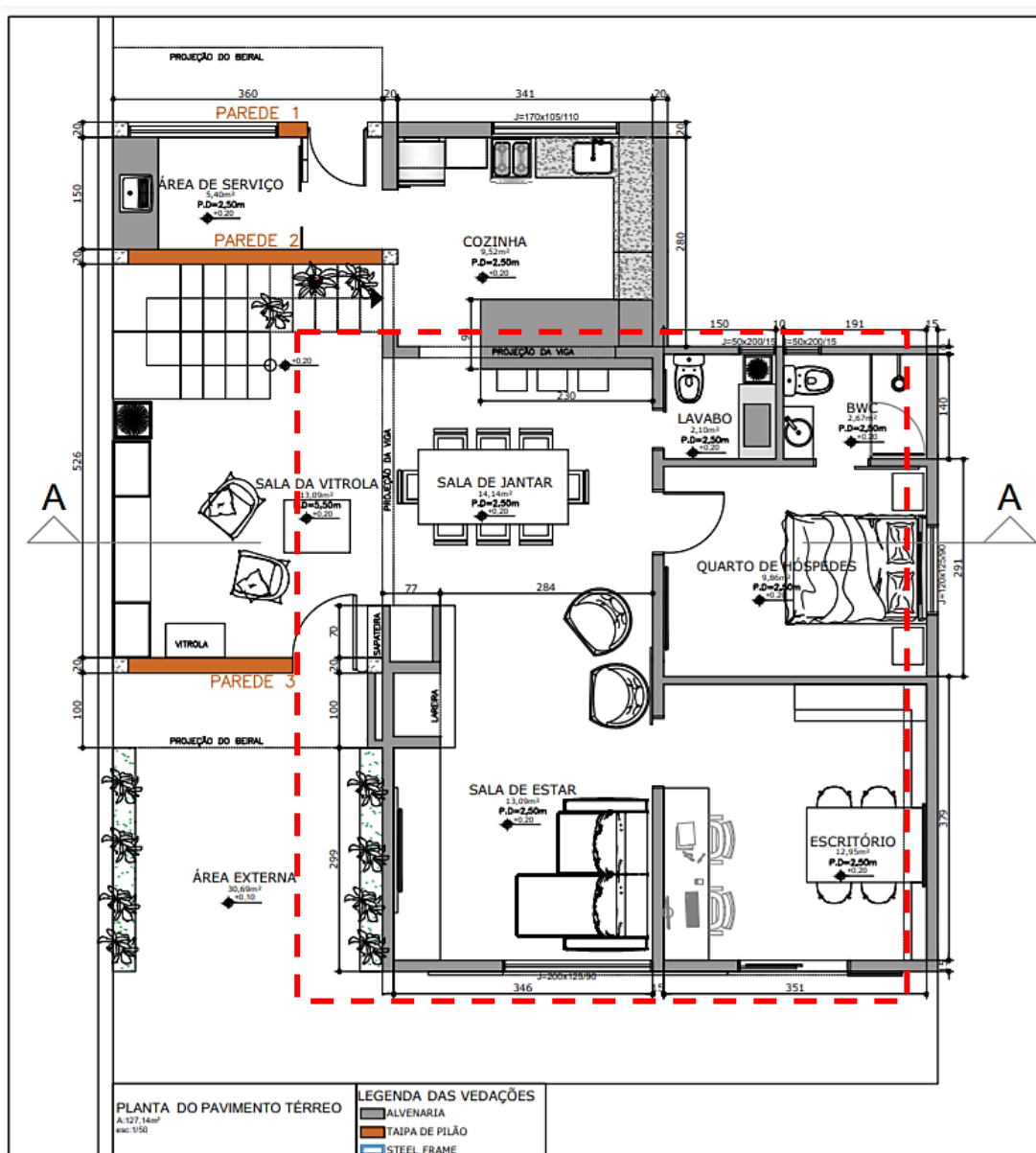


Figura 2: Planta do pavimento térreo

Para tanto, remodelou-se tal área, sendo adicionadas as áreas da cozinha, área de serviço e sala da vitrola – esse último ambiente previsto com pé direito duplo.

Assim sendo, duas paredes de taipa de pilão foram previstas para a sala da vitrola, com altura total de 5,20m (figura 4), e uma parede prevista para a área de serviço, com altura total de 2,60m, conforme demonstrado nas plantas (figura 2 e 3).

Para apresentação do processo executivo das 3 paredes de taipa, as mesmas foram nomeadas respectivamente de “Parede 1”, “Parede 2” e “Parede 3”, de acordo com sua ordem de execução. As localizações das três paredes estão demarcadas nas plantas do térreo e do superior (figuras 2 e 3).

Tal ordem foi estabelecida de acordo com a hierarquia das fachadas, entendendo que, à medida que são executadas, a experiência executiva é aprimorada pela prática. Iniciou-se então pela Parede 1, na fachada de trás; na sequência, a execução da Parede 2, parede de pé-direito duplo, e finalizada pela Parede 3, na fachada principal.

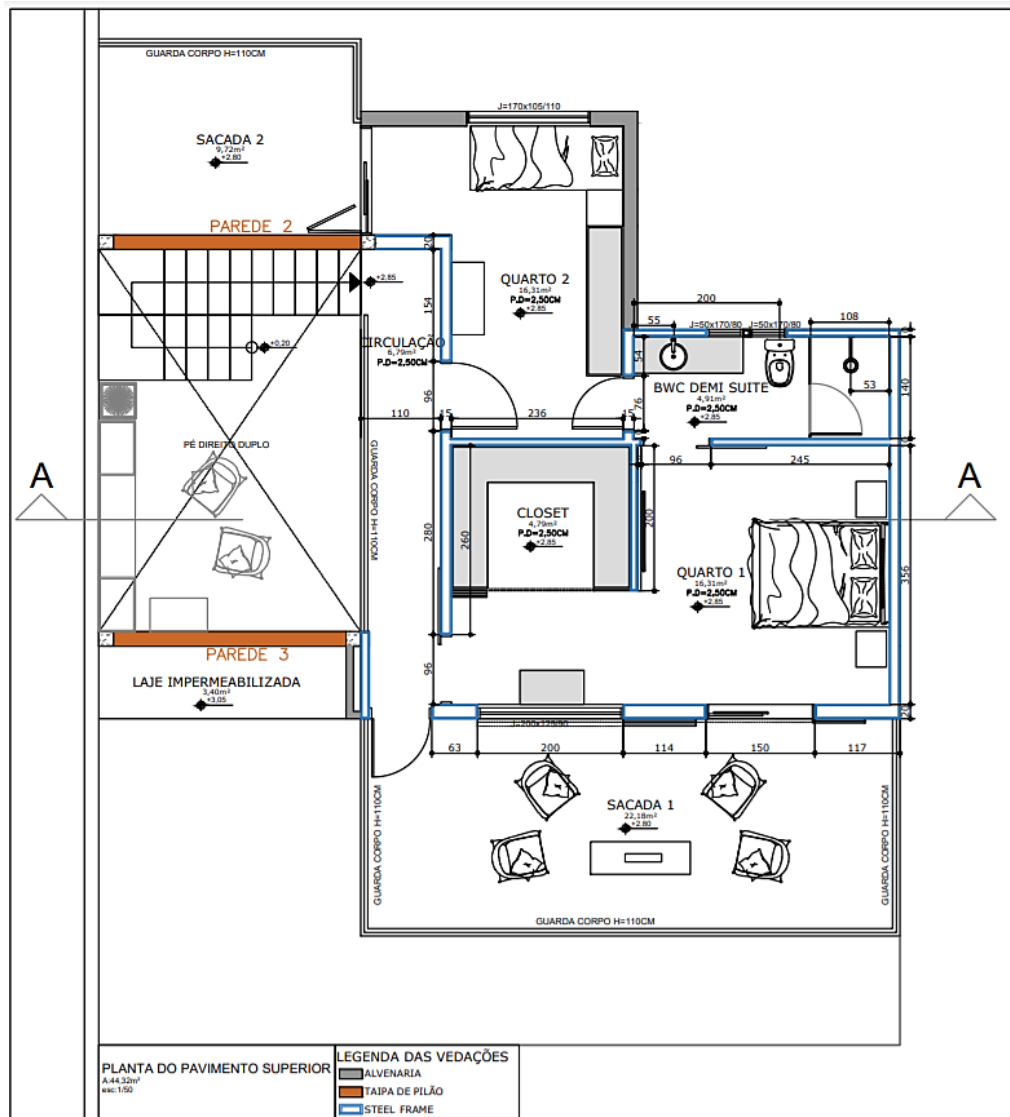


Figura 3: Planta do superior

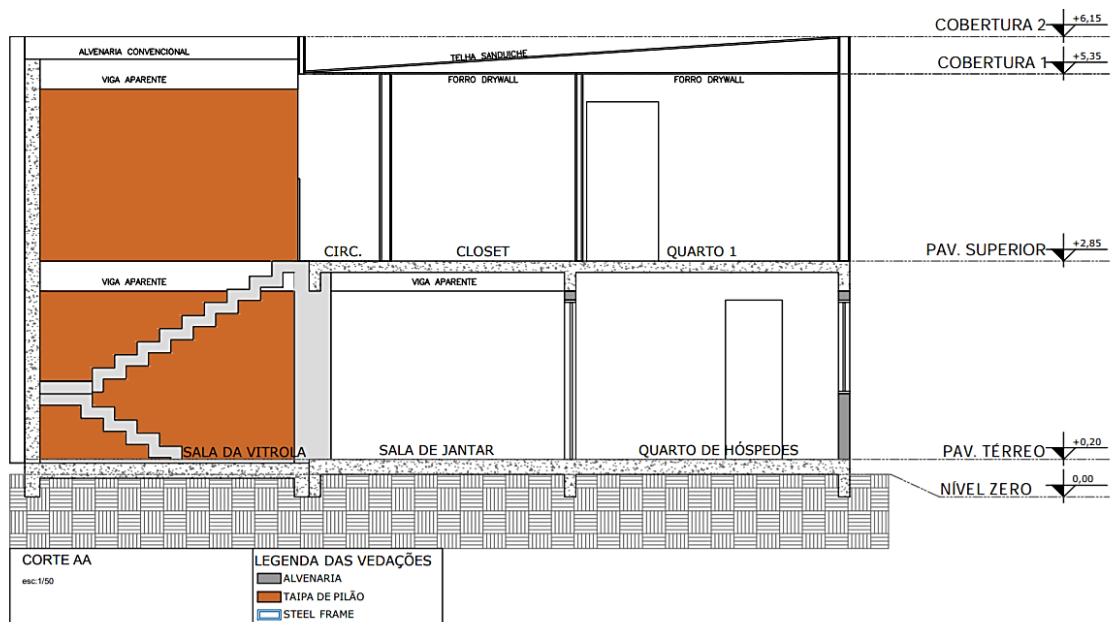


Figura 4: Corte AA

Testes de campo

A terra foi retirada do próprio local de implantação da edificação. Abriram-se, no terreno, valetas para drenagem, bem como retirada de terra para caixa de gordura. Utilizou-se tal terra para os testes granulométricos, para execução da Parede 1 e para a execução do painel do pavimento térreo da Parede 2. Para os demais painéis, foi comprada terra de jazida de bairro próximo, no Abranches, em Curitiba.

Através do teste de bolo, detectou-se que a terra do local era predominantemente argilosa. Esse teste consiste em colocar na palma da mão uma porção de terra úmida, formando uma bola, que deve ser golpeada, até que aflore uma película de água na superfície (Sato, 2012)¹. Foram necessários 11 golpes para aflorar a terra; segundo Sato, o limite de golpes para definir a terra como adequada é 10.

Um mês após o início da obra, em março de 2021, iniciaram-se os testes para verificar o nível de atividade da argila (retração), através do teste da caixa, conforme as orientações de CEPED² (1984). As dimensões das fôrmas (caixas) foram: 60 cm de largura, 8,5 cm de profundidade e 3,5 cm de altura. As caixas foram untadas com óleo diesel, garantindo que na desforma, os corpos de prova não apresentassem superfícies com aderência às faces internas das fôrmas (CEPED, 1984).



Figura 5: Testes da caixa, com os resultados das retrações

No dia 14 de março tal terra já extraída e seca foi peneirada, bem como a areia para adição e correção granulométrica. Na sequência, fez-se a mistura dos componentes, adicionando água gradualmente e colocando a mistura nas caixas, conforme figura 5. As três amostras receberam 1 parte de cimento Portland (CP2) para estabilização química.

Prosseguindo com a condução do teste da caixa, foram confeccionados três corpos de prova, com 3 traços distintos, são eles (figura 5):

- Corpo de prova 1: 3 partes de areia para cada 7 partes de terra;
- Corpo de prova 2: 4 partes de areia para cada 6 de terra e;
- Corpo de prova 3: 2 partes de areia para cada 8 de terra

Após 7 dias de cura e secagem dos corpos de prova, fez-se a leitura das retrações (lado direito da figura 5). Foram observadas as seguintes retrações: o corpo de prova com maior retração foi o 3 e o com menor retração o corpo de prova 2. O corpo de prova 1 obteve

¹ SATO, M. E.Y. (2012). Análise de estrutura em taipa de pilão. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, São Paulo.

² CEPED – Centro de Pesquisas e Desenvolvimento (1984). Manual de construção com solo-cimento. São Paulo: CEPED/ BNH/ URBIS/ CONDER/ PMC/OEA/CEBRACE/ ABCP.

maior retração em comparação ao corpo de prova 2 (2 cm – que, conforme CEPED trata-se da retração limite para um bom desempenho da parede). Adotou-se então o traço de correção granulométrica do corpo de prova 2, estabilizado com 1 parte de cimento Portland CP2.

Execução

Concomitante aos testes de campo foram projetadas as fôrmas. Para sua confecção, utilizaram-se caibros e ripas de madeira cambará (*Moquiniastrum polymorphum*), com as dimensões de 4,5cm por 9,5 cm para os montantes e 2cm por 5 cm, para os travamentos horizontais.

Para o fechamento das fôrmas, utilizaram-se chapas de compensado plastificado, fornecidas por Granada Compensados, com dimensões de 244cm por 122 cm. Tal material foi escolhido pela sua alta taxa de reutilização que, conforme informado pelo fornecedor, pode ser utilizado até 16 vezes.

Fixaram-se os montantes com os caibros maiores, distantes a 30cm entre si. Os caibros menores foram utilizados como travamento. Para travamento entre madeiras, utilizou-se pregos 17x27 e, entre o caibro e piso, parabolts com 10mm de diâmetro.

As chapas de compensado foram recortadas apenas na área da parede ao lado da janela.

Para a confecção das fôrmas e das três paredes utilizaram-se as seguintes ferramentas e maquinários: makita circular telescópica; Pilão: com relação aos pilões utilizados para a compactação, não foi encontrado para alugar ou comprar o compactador pneumático, então foi desenvolvido pilão de madeira; Betoneira para mistura da massa; para o transporte e lançamento da massa da betoneira ao taipal, foram utilizados carrinho de mão e baldes. A terra foi peneirada com peneira circular de furação de 5 mm, sendo substituída posteriormente por peneira de 150cm por 70cm.

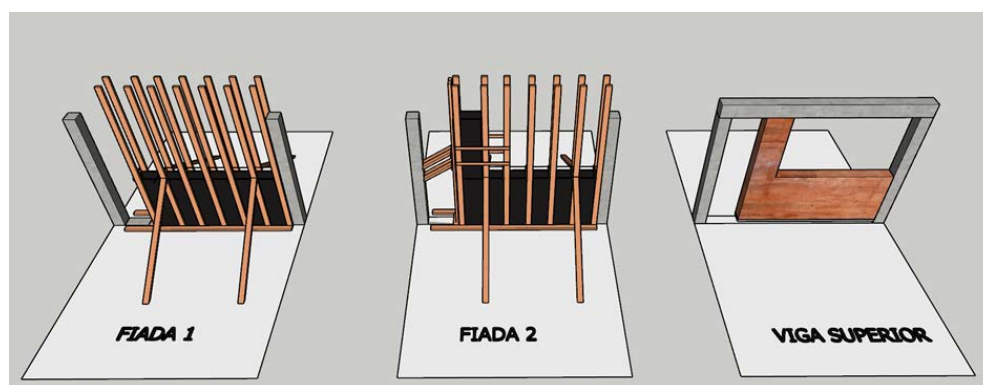


Figura 6: Projeto das fôrmas da Parede 1

Uma vez definido o projeto da fôrma 1 (figura 6), iniciou-se sua execução em 21 de março de 2021. Gastou-se $\frac{1}{2}$ dia (levando em consideração 8 horas de um dia de trabalho) com 2 pessoas. Nesta mesma semana, retirou-se a terra do local para a secagem ($\frac{1}{2}$ dia para a retirada, 1 dia de secagem e $\frac{1}{2}$ para peneirar).

Concomitante a execução da Parede 1, foi desenvolvido o projeto das fôrmas da Parede 2, com os mesmos materiais da Parede 1, apenas com mais travamentos. Tal parede, por possuir pé-direito duplo, foi dividida em dois painéis: térreo e superior (figura 7).

Para a montagem da fôrma da Parede 2, gastou-se 1 dia com 2 pessoas. A mesma fôrma montada para o painel térreo foi utilizada para o painel superior, modificando apenas os travamentos.

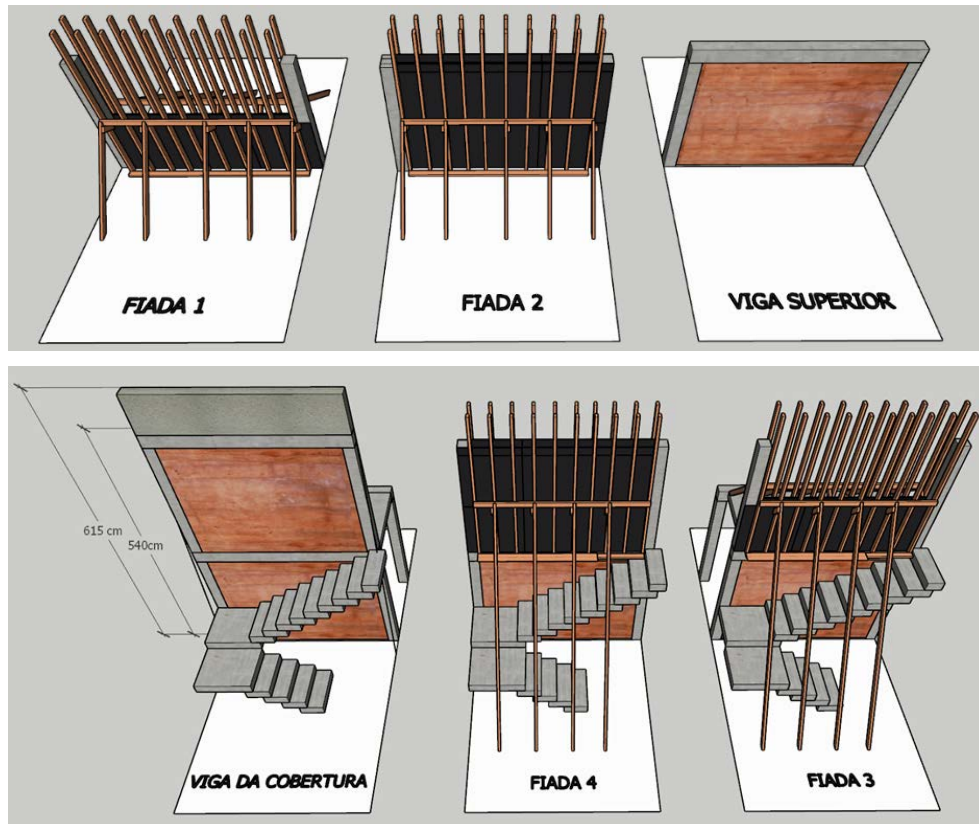


Figura 7: Projeto das fôrmas da Parede 2

Na ocasião da desforma da Parede 2, detectaram-se falhas importantes de compactação (lado esquerdo da figura 8). Igualmente como a Parede 1, foram necessárias aplicações de argamassa à base de terra e adesivo polimérico (Murafan-39) para correção das falhas na compactação. Para tal serviço gastaram-se 1 e ½ horas de trabalho com 3 pessoas. Após tais correções, prosseguiu-se com a execução do painel superior. Como a fôrma já estava montada, gastaram-se apenas 2 horas de trabalho.



Figura 8: Antes e depois da aplicação da argamassa experimental de revestimento

Na sequência, o projeto das fôrmas da Parede 3 aconteceu concomitante à execução da Parede 2, com os mesmos materiais das fôrmas anteriores (figura 9).

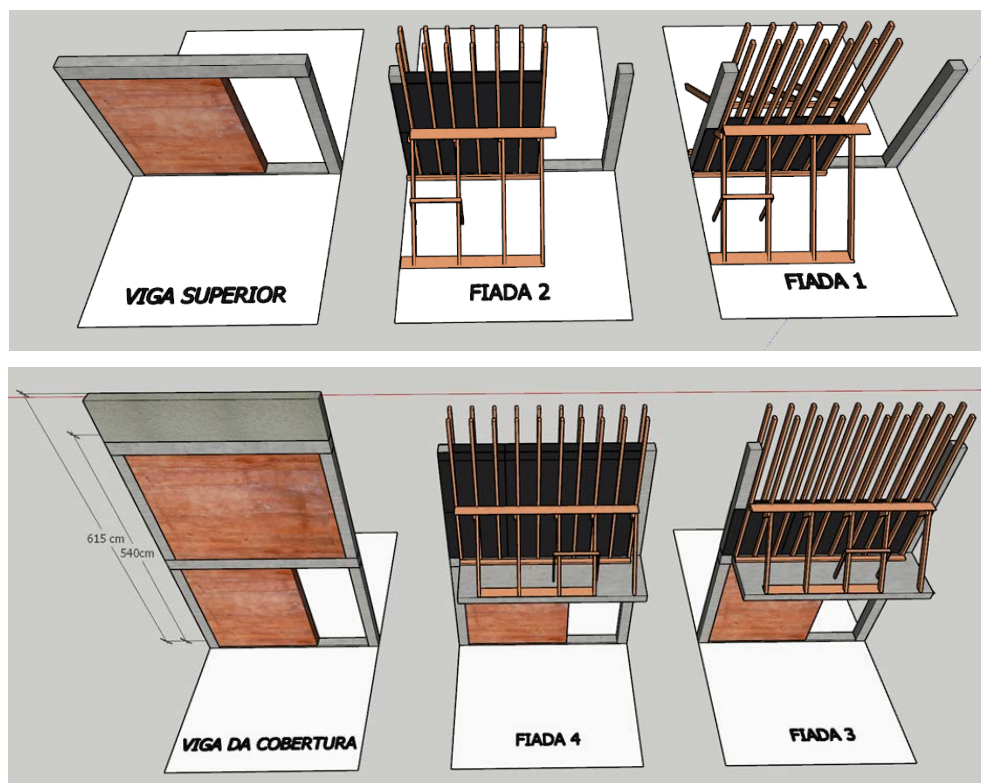


Figura 9: Projeto das fôrmas da Parede 3

Pós-execução e análises dos resultados

Após o processo de construção, desforma e a cura de 28 dias (visto que há estabilizante químico), foram observados o comportamento das três paredes, detectando-se falhas no processo executivo e anomalias estruturais.

Na Parede 1, após concretagem da laje e beiral superior, observou-se uma fissura horizontal na porção esquerda (lado esquerdo da figura 10). Como o aparecimento de tal trinca deu-se com a concretagem da laje e, provavelmente devido às movimentações do concreto armado, inviabilizou-se sua demolição e reconstrução.

Na Parede 2, no painel térreo, após a aplicação da argamassa à base de terra e adesivo polimérico, não surgiram outras anomalias. Já o painel superior apresentou, em toda sua extensão, uma trinca horizontal (lado direito da figura 10).

Como medida corretiva, pretende-se aplicar a argamassa experimental desenvolvida nesta pesquisa. Importante ainda mencionar que esta é a única fissura existente nesta parede, não sendo observada nenhuma outra manifestação patológica. Observa-se também a falta de alinhamento na interface superior da parede com a viga superior de concreto armado.

Na sequência, pretende-se observar o lixamento da parede frente, analisando a necessidade da aplicação da argamassa com adesivo polimérico, finalizando com aplicação de hidrofugante.

Em observância aos painéis térreo e superior da Parede 3 (figura 11)., detectaram-se pontos de erosão, similares aos do painel superior da Parede 2. Atribui-se a mesma causa: a falta de prumo da fôrma. O procedimento corretivo será realizado similar à Parede 2.

Por fim, destaca-se a importância da descoberta da argamassa experimental a base de terra e adesivo polimérico, uma vez que esta apresentou desempenho satisfatório.



Figura 10: Parede 1 executada à esquerda e Parede 2 executada à direita

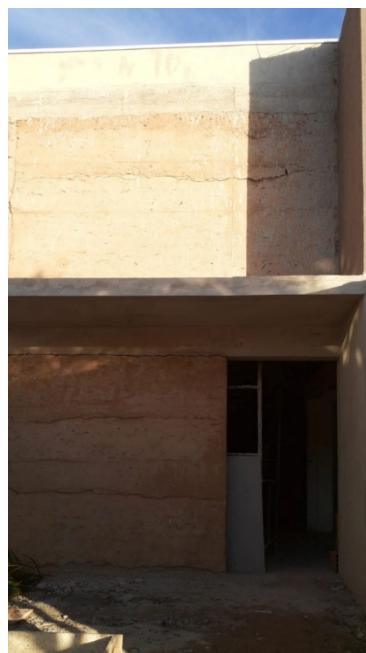
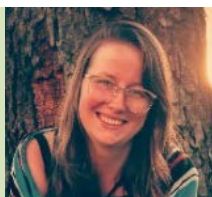


Figura 11: Parede 3 completa (à esquerda); painel térreo da Parede 3 (à direita)

Homenagem

Como homenagens póstumas, os autores pedem licença para oferecer este artigo a Marcos Vinicius Alves da Silva e Tiago Lopes da Silva, agradecendo a ambos pelos trabalhos realizados na Casa Teffé, com trechos do poema Operário em construção de Vinicius de Moraes:

Era ele que erguia casas/Onde antes só havia chão. Como um pássaro sem asas/Ele subia com as casas/Que lhe brotavam da mão. (1-5) Casa, cidade, nação! Tudo, tudo o que existia/ Era ele quem o fazia Ele, um humilde operário/ Um operário que sabia/ Exercer a profissão (49-54)



Gisele



Sérgio

Gisele Elisa Steenbock

gisele.steenbock@gmail.com

Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Paraná, pelo PPGEC – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, é formada em Arquitetura pela Universidade Positivo (2014) e possui pós-graduação lato sensu em Construções Sustentáveis pela UTFPR (2016). Atualmente é integrante do grupo de pesquisa Informação e Sustentabilidade na Construção Civil, da UFPR e membro da Rede Terra Brasil. Participa do comitê ABNT de construções com terra, que está redigindo a nova norma técnica para taipa de pilão. Trabalha no desenvolvimento de projetos de arquitetura, em escritório próprio.

Sérgio Fernando Tavares

sergioftavares@gmail.com

Doutor em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Catarina (2005), é formado em Arquitetura. Atualmente é Professor Titular da Universidade Federal do Paraná no Departamento de Arquitetura e Urbanismo e no Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Construção Civil. Trabalhou no desenvolvimento de projetos industriais, usinas hidrelétricas e outros projetos de grande porte. Leciona disciplinas de Desenho Arquitetônico, Sustentabilidade aplicada às edificações e Metodologia da Pesquisa Científica. Pesquisa os seguintes temas ligados à sustentabilidade das edificações: eficiência energética, análise de ciclo de vida, energia embutida nas edificações e materiais de construção, coberturas verdes; além de educação e inovação tecnológica. Entre outubro de 2015 e novembro de 2016 realizou estágio pós doutoral na Universidade do Minho, Guimarães, Portugal, onde desenvolveu pesquisas sobre inventários de dados e protocolos adequados para análises de ciclo de vida em edificações mais sustentáveis.

FICHA TÉCNICA

TITULO OBRA/PROJETO: Casa Teffé

Função da obra/projeto: Casa Unifamiliar

Local: Almirante Tamandaré – PR

Data de início do projeto: Novembro de 2020

Data da conclusão da obra: Em curso

Área do terreno: 360m²

Área construída: 127m²

Número de pavimentos: 2

Arquitetura: Steenbock Arquitetura

Construção: Steenbock Arquitetura

Estrutura: Consultoria de Cymaco Engenharia

Hidráulica e elétrica: Steenbock Arquitetura

Fotos: Gisele Steenbock

Fornecedores:

MC-BAUCHEMIE – Adesivo polimérico de base acrílica de alto desempenho para chapiscos e argamassas – Murafan-39. Disponível em: <https://www.mc-bauchemie.com.br/produtos/aditivos-para-argamassa/adesivos/murafan-39.html>

Granada Compensados – Madeirito resinado fenólico.

Disponível em:

<https://loja.compensadosgranada.com.br/produto/plastificado-comercial-220x110m/>



ADOBE,

Técnica milenar e inovadora!

TIBÁ Arquitetos, Michel Ghattas, Barbara Francisco

Resumo

Localizado no Estado do Maranhão o projeto surge como medida compensatória que integra o Plano Básico Ambiental Componente Indígena (PBACI), Awá e Guajajara das Terras Indígenas Carú e Rio Pindaré, a partir do processo de licenciamento da duplicação da Estrada de Ferro Carajás. Totalizando cinco mil metros quadrados construídos, tendo cento e dez mil adobes produzidos, as edificações, divididas entre centro cultural, casa de conversa, cozinha tradicional, redário e habitação, serviram como exemplo construtivo e canteiro escola, promovendo a capacitação de colaboradores indígenas e mão de obra local, ao longo do processo de execução nas onze aldeias contempladas.



1 - Centro Cultural aldeia Maçaranduba



2 - Redário aldeia Tiracambú



3 - Casa de Conversa aldeia Awá



4 - Cozinha Tradicional aldeia Nova Samyã

Contextualização cultural

O projeto Grande Carajás foi criado pela Companhia Vale do Rio Doce durante o governo do presidente João Batista Figueiredo na década de 1980 para a exploração das jazidas de minério de ferro na Serra dos Carajás, localizada no Estado do Pará. Com isso, foi criada a Estrada de Ferro Carajás (EFC), com o objetivo ligar a Serra dos Carajás ao Porto Ponta da

Madeira em São Luís do Maranhão. A linha ferroviária dispõe de 890 quilômetros de extensão, onde cerca de 650 quilômetros estão localizados no Estado do Maranhão. A implementação da estrada gerou impactos nas regiões adjacentes incluindo comunidades indígenas e quilombolas e, conseqüentemente, sua operação continua ocasionando conflitos territoriais, problemas de saúde, acidentes nas áreas de intervenção da ferrovia e prejuízos estruturais nas construções lindeiras à ferrovia.



1 - Habitação Modelo e Cozinha Tradicional (Tipo 2) aldeia Areião



2 - Centro Cultural aldeia Januária

Com o projeto de duplicação da ferrovia foi acordado um convenio entre a empresa mineradora responsável (VALE) e a Fundação Nacional do Índio (FUNAI), para o apoio e implantação de ações assistenciais nas áreas que sofreram impactos diretos com a construção e duplicação da EFC, dentre elas a Terra Indígena Carú e a Terra Indígena Rio Pindaré, povoadas por grupos Guajajaras e Awá-Guajás, composta pelos últimos caçadores e coletores itinerantes da Amazônia oriental.

A partir de um convite feito ao escritório TIBÁ Arquitetos, essas comunidades, receberam projetos de arquitetura respeitando premissas e parâmetros ecológicos, buscando a melhor alternativa na escolha de técnicas e materiais como forma de suprir as necessidades

construtivas das comunidades indígenas, que com a necessidade do processo de aldeamento seguem evoluindo seus saberes, tendo como referências construtivas os exemplos encontrados nas comunidades locais, executado inicialmente com alvenarias mistas de pau a pique, regionalmente denominada como taipa e cobertura com palha de palmeira Babaçu, atualmente as construções são feitas com alvenarias de tijolo cerâmico e coberturas com telhas cerâmicas ou de fibrocimento.

Contextualização geográfica

Localizado no oeste da Região Nordeste, o Estado do Maranhão é o único da região que tem parte do território coberto pela floresta Amazônica. Possui a segunda maior costa litorânea brasileira, com extensão de 640 km. As terras indígenas Carú e Rio Pindaré estão localizadas nos municípios de Alto Alegre do Pindaré e Santa Inês, distantes 294 km e 247 km respectivamente da capital São Luís.

Arquitetura de terra na região

A zona rural maranhense apresenta ainda hoje forte predominância de construções com técnicas mistas como exemplo o pau a pique e grande parte do interior do Estado tem herança cultural e domínio da técnica tradicional. A disseminação desse sistema construtivo ocorre de forma natural, tendo em vista a abundância do material local, velocidade construtiva, eficiência às condições climáticas, além do apelo econômico uma vez que é comum o uso da autoconstrução para execução dos sistemas tradicionais.

Referenciado nos exemplos próximos as terras indígenas, a tipologia da casa de pau a pique foi absorvida rapidamente como única opção disponível e com a mudança dos sistemas construtivos do povoado local novas referências foram ofertadas com apelos de durabilidade, baixa manutenção, e modernidade excluindo os parâmetros de conforto do ambiente construído, dificuldade de aquisição e logística dos materiais necessários que passaram a ser adquiridos em sua totalidade no comércio, gerando a necessidade de renda financeira, além do conhecimento tradicional e disponibilidade individual para aplicação e execução dos serviços.

As casas tradicionais indígenas atualmente são executadas com estrutura de madeira, com vedação de pau a pique e cobertura de palha. O material utilizado no barreamento é um solo silto arenoso disponível de forma abundante no local; as paredes externas normalmente ficam expostas a intempéries, sem qualquer proteção contra as chuvas de vento, bem como da umidade na base proveniente da capilaridade. A cobertura já não é feita seguindo o rigor tradicional de espessura e qualidade das fibras, o que gera maior frequência de manutenção, evidenciado pelo depoimento dos mais antigos, que falam em troca de cinco em cinco anos, enquanto os atuais falam em trocas anuais.



3 - Aldeia Tiracambú T. I. Carú



4 - Aldeia Awá T. I. Carú

Demanda do Projeto

A ação faz parte do Plano Básico Ambiental Componente Indígena Awá e Guajajara das Terras Indígenas Carú e Rio Pindaré (PBACI), e integra o processo de licenciamento da duplicação da Estrada de Ferro Carajás, da Vale, que é acompanhado pelo IBAMA e FUNAI.

Atualmente as condições de moradia e espaços comunitários dos indígenas são precárias e, com a observância das construções no povoado, as expectativas e os desejos por melhores condições aumentaram. No passado, diversas iniciativas buscaram projetos habitacionais aos moldes do “Minha Casa Minha Vida”, bem como projetos de infraestrutura social aos moldes construtivos convencionais, conflitando diretamente com as ideias de preservação cultural das comunidades tradicionais indígenas e, em especial, aos índios isolados de recente contato.

A bioconstrução representa a melhor alternativa para sanar o déficit habitacional, uma vez que oferece sistemas construtivos eficientes de baixo custo utilizando ao máximo os recursos locais disponíveis, propiciando uma construção mais saudável com o uso predominante de materiais naturais e, em paralelo, alinhada às questões culturais locais, propiciando a apropriação das técnicas construtivas pela comunidade, bem como a confiança no uso e na resistência dos materiais aplicados.

O projeto contempla onze aldeias indígenas, somando cinco mil metros quadrados distribuídos em vinte e cinco construções, sendo três centros culturais, duas casas de conversa, seis cozinhas tradicionais, três redários e onze habitações modelo, que servirão como exemplo construtivo, tendo, ao longo do processo de execução, um canteiro escola para a capacitação da mão de obra do povoado local e mão de obra indígena.

Partido arquitetônico

Após visitas ao local, entrevista com a comunidade e identificação das necessidades e soluções, o projeto deveria atender inicialmente as questões técnicas para embasar o argumento das escolhas e uso dos materiais, assegurando a durabilidade da construção frente às manutenções e depreciações naturais. Os materiais utilizados na construção tradicional atual eram associados a modernidade, sendo o cimento o protagonista, como blocos de concreto, telhas de fibrocimento, mesclas de assentamento, reboco e pisos.

A proposta apresentada era substituir os blocos de concreto por pedras na fundação e adobe nas alvenarias, os pisos de concreto por solo-cimento compactado, inserir os rebocos de cal, tintas de terra, reforçar e exaltar as estruturas de madeira além de fomentar as coberturas vegetadas para substituição das coberturas de palha que demandam frequentes manutenções. Com o intuito de deixar um legado e demonstrar o potencial da arquitetura ecológica foram executadas cinco cúpulas de tijolo cerâmico maciço, que remete a espaços circulares para realização dos encontros e festas tradicionais. Atualmente, nestas aldeias, as casas e construções já são em formato retangular devido à influência da arquitetura urbana do povoado local, que atua negativamente frente às questões culturais indígenas. Os elementos estruturais das construções também foram pensados em harmonia com as grafias artísticas locais como o caso das madeiras do redário que forma um zig-zag.

Os espaços construídos trouxeram a imponência e segurança subjetiva do quadrado, a integração do círculo e a harmonia do octógono. De forma macro, foi preciso criar uma metodologia para que a implantação das construções fosse decidida com segurança pela comunidade de forma prática para o seu uso e que fosse viável na sua execução, projetando caminhos e acessos que considerem os planos futuros de expansão das aldeias.



5 - Assentamento de adobes, Centro Cultural aldeia Maçaranduba



6 - Vista interna da cúpula, Casa de Conversa da aldeia Awá



7 - Cobertura do Centro Cultural aldeia Maçaranduba



8 - Aplicação de reboco de cal, Centro Cultural Maçaranduba



9 - Estrutura de madeira, Redário

Projetos e maquetes

Durante todo o processo projetual, foram feitas reuniões para apresentação do material elaborado com o intuito de atender da melhor forma as necessidades culturais indígenas, bem como obter a aprovação para elaboração dos projetos complementares como fundação, estruturas, hidráulica e elétrica. No processo de aprovação foi fundamental a elaboração das maquetes para entendimento da volumetria das construções.



10 - Apresentação do projeto para os Awá Guajá, aldeia Tirambú



11 - Reunião durante a visita técnica, aldeia Awá

Execução

O Projeto edificou aproximadamente cinco mil metros quadrados em 24 meses, incluindo todo o processo de identificação, seleção, transporte e logística de materiais, além da capacitação de todo o contingente de mão de obra. Durante os seis meses de elaboração dos projetos de arquitetura e engenharia foi preciso a execução de estradas de acesso às aldeias mais isoladas, incluindo a abertura, limpeza, elevação da cota da área de rolagem greide, pontes metálicas e bueiros para manter o curso hídrico e seus igarapés.

As dificuldades de execução estão diretamente relacionadas à logística, e transporte dos materiais. Os processos de capacitação dos trabalhadores locais foi de forma natural e positiva; com os indígenas, houve problemas de assiduidade, bem como a carência de informação previa como base para a evolução do aprendizado principalmente quanto aos

traços, mesclas e medidas, uma vez que muitos deles não são alfabetizados no português e culturalmente não têm grafia definida.



12 - Produção de adobes dos indígenas, aldeia Awá



13 - Capacitação da equipe de obra para execução de piso de solo-cimento, Redário aldeia Nova Samyã



14 - Execução das alvenarias da Habitação, com a capacitação dos indígenas, aldeia Awá



15 - Capacitação dos indígenas para utilização da trena, aldeia Tiracambú



16 - Capacitação dos indígenas para produção de cascaje, aldeia Awá



17 - Capacitação dos indígenas, para produção de esteiras de Guarimã, aldeia Awá



18 - Travessia de materiais, aldeia Nova Samyã



19 - Capacitação dos indígenas para instalação do bason, aldeia Nova Samyã



20 - Capacitação dos indígenas para execução de reboco no banheiro seco, aldeia Tiracambú



21 - Capacitação dos indígenas para utilização do prumo de face, aldeia Awá

Técnicas: adobe, revestimento e piso

A escolha do adobe como técnica construtiva corrobora com a sensação de modernidade esperada pelas comunidades, visando uma alvenaria semelhante ao que se tem como referência no povoado. Isento do uso de cimento e sem necessitar o consumo de recursos e combustível com a queima, sua aplicação diminui drasticamente os efeitos de poluição atmosférica, que o torna um material excepcionalmente sustentável e alinhado à bioconstrução.

Os revestimentos, incluindo a pintura de terra como acabamento final, atuaram positivamente no processo, não apenas demonstrando a importância para preservação da alvenaria frente às chuvas de vento, como também foi possível resgatar a confiança na técnica cultural do pau a pique, que vinha caindo em descredito devido sua degradação com as intempéries, uma vez que eram deixadas totalmente expostas com as rachaduras normais do primeiro barreamento. De forma didática foram revestidas algumas casas degradadas e com o passar do período de chuvas permaneceram intactas.

Os pisos nos espaços existentes são feitos pelo próprio material local que é deixado como base de forma natural apenas com compactação. A proposta contemplou a seleção do

melhor solo local, na busca do melhor traço para um piso de solo-cimento compactado, que posteriormente recebeu cera de abelha diluída como uma solução hidrofugante natural.



22 - Execução da alvenaria de adobes da Casa de Conversa, aldeia Awá



23 - Reboco de cal nas paredes internas da Habitação Modelo, aldeia Maçaranduba



24 - Acabamento dos adobes na face externa do Centro Cultural, aldeia Maçaranduba



25 - Aplicação de reboco em moradia existente, aldeia Awá



26 - Piso de solo-cimento, Redário aldeia Nova Samyã



27 - Aplicação de cera de abelha no piso de solo-cimento, Redário aldeia Awá

Principais soluções adotadas no Projeto

Esse projeto buscou a experiência de sensibilização e capacitação com enfoque nas atividades vinculadas às técnicas construtivas com uso da terra, com o objetivo de atender positivamente a demanda do conhecimento teórico e sua importância na formação de novos profissionais que atuam com mão de obra especializada no segmento da construção civil.

A mão de obra contou com apoio das próprias comunidades indígenas, que receberam instruções a respeito, resultando em um ganho social por meio da atração de colaboradores e contribuição para que, futuramente, seja feita a manutenção das edificações corretamente. A mão de obra sendo local funciona como criação de futuros semeadores da técnica, que irão repassá-las para as próximas gerações a maneira correta de se trabalhar com a plasticidade do material.

Justifica-se a relevância deste trabalho com o crescimento da procura de profissionais para a realização de atividades relacionadas a construção com materiais naturais, além da visível aceitação e busca dos sensibilizados por profissionais capacitados em decorrência da execução de construções como real alternativa para os sistemas construtivos tradicionais.



Michel



Barbara

TIBÁ Arquitetos LTDA

tibarquitetos@tibarose.com; <http://tibarose.com>

TIBÁ Arquitetos é um escritório dedicado a projetar, construir e prestar toda assessoria técnica em bioarquitetura e tecnologia intuitiva.

Michel Habib Ghattas

mhbioarquitetura@gmail.com

Michel Habib Ghattas, arquiteto; coordenador do TIBÁ, membro da Rede TerraBrasil; profissional na área da bioarquitetura e bioconstrução; transferidor do conhecimento teórico e prático a estudantes e profissionais. Atualmente desenvolve projetos e atividades autônomas e em parceria com universidades, institutos e empresas. Currículo completo em: <http://lattes.cnpq.br/4773751104879883>.

Barbara Silva Francisco

barbara.arq@outlook.com

Barbara Silva, arquiteta e bioconstrutora. Integra a equipe do TIBÁ Arquitetos e atua com gerenciamento de obras e capacitação.

Currículo completo em: <http://lattes.cnpq.br/7361728720020920>

FICHA TÉCNICA

Adobe, técnica milenar e inovadora ?

Função da Obra/projeto

Local: Auzilândia e Santa Inês – Maranhão / BR

Data de início do projeto: 08/2016

Data da conclusão da obra: previsão para 06/2020

Área do terreno: área livre e não delimitada

Área construída: 25 construções totalizando 5.000m²

Arquitetura: TIBÁ Arquitetos

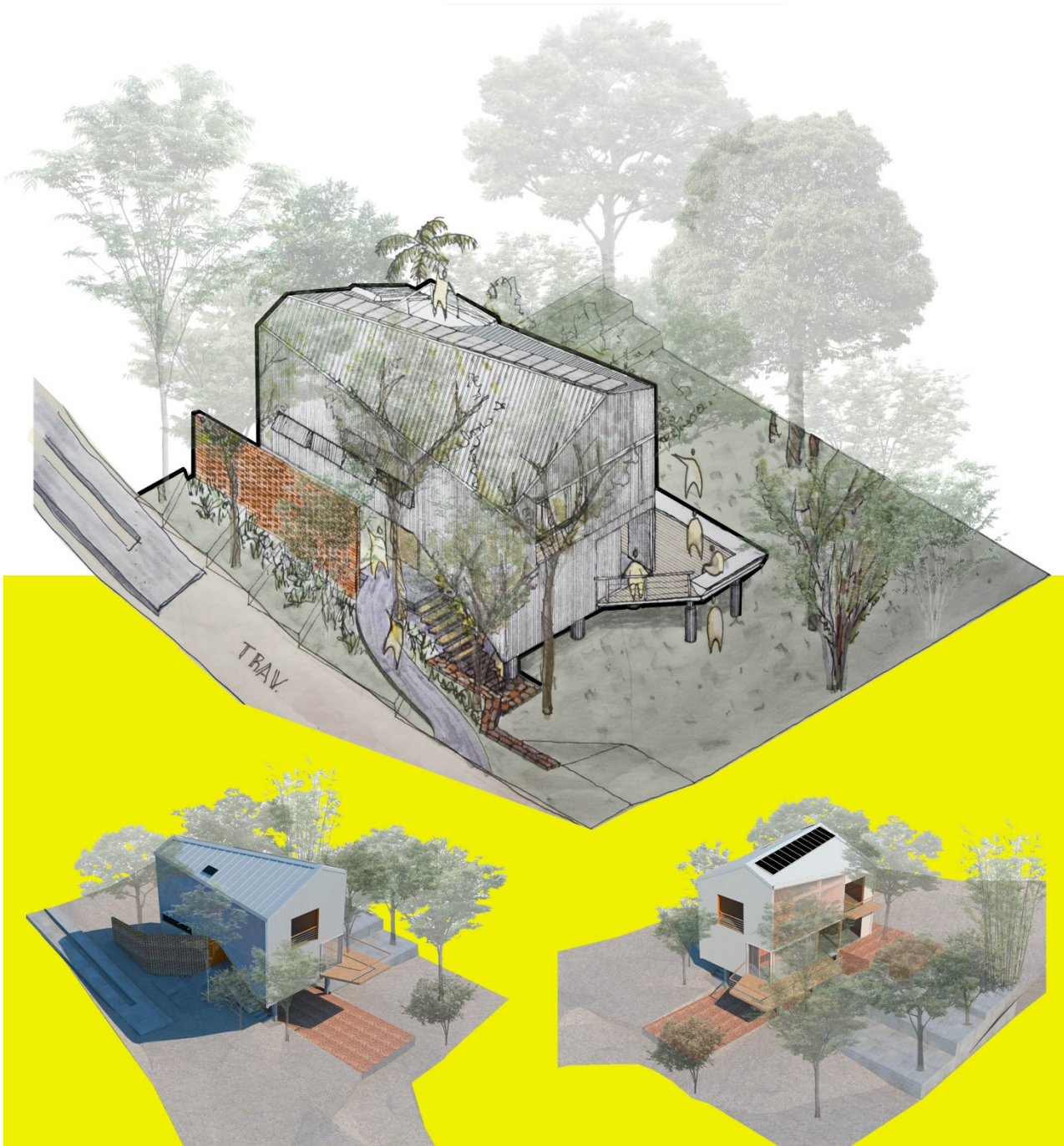
Construção: MK Construções

Estrutura: Plataforma Engenharia

Hidráulica: Plataforma Engenharia

Fotos: TIBA Arquitetos

Fornecedores: VALE S.A.



Casa Bambuzal, Projeto e Obra

Lucas Sabino Dias

Resumo

Localizada em Florianópolis (SC), na praia do Campeche e no sopé do Morro do Lampião, a Casa Bambuzal é uma residência de energia zero, projetada para uma família de três pessoas (figura 1). Em um terreno bastante arborizado e com um grande bambuzal a norte, a edificação foi projetada para se adaptar ao clima subtropical, minimizar a manutenção, gerar toda a energia que necessita e utilizar-se de estratégias passivas de controle térmico. O partido do projeto também considerou que parte da construção seria executada em regime de mutirão, com paredes de pau a pique e com o auxílio de mão de obra pouco experiente.



Figura 1 – Fachada sul voltada para a rua, ainda em obras. Paredes de terra na entrada com Mandala feita de tijolos de garrafas de vidro

Partido arquitetônico e implantação

O partido da implantação procurou minimizar o impacto da casa no terreno, tanto no que diz respeito a alterações na topografia, quanto no sentido de restringir a ocupação da casa, em aproximadamente 18% do terreno, ou 70m². Diminuir a necessidade de corte das árvores foi outra premissa da implantação (figura 2A), resultando em um volume mais próximo à rua (sul), procurando expor a fachada norte, na medida em que se distancia do grande bambuzal localizado a norte, nos fundos do terreno (figura 2B). O terreno, de aproximadamente 20m x 19,50m, fica no sopé do Morro do Lampião, localizado a oeste, sombreando-o à medida que o sol caminha para o final da tarde.

O programa da casa foi organizado considerando-se a ocupação em um retângulo de aproximadamente 6,5m x 10,75m. Sendo assim, foram concentrados a sul os ambientes de menor permanência como corredores, escadas, banheiros e área de serviço. Voltados para o norte, ou nos fundos do terreno, os ambientes de maior permanência. No térreo, a cozinha, a sala de jantar, o estar e a sala/estufa (figuras 3), e no primeiro pavimento os quartos e o estudo (figuras 4), totalizando aproximadamente 115m². A garagem e o depósito/oficina, com aproximadamente 55m², ficam semienterrados, afastando a laje do térreo da umidade do terreno.

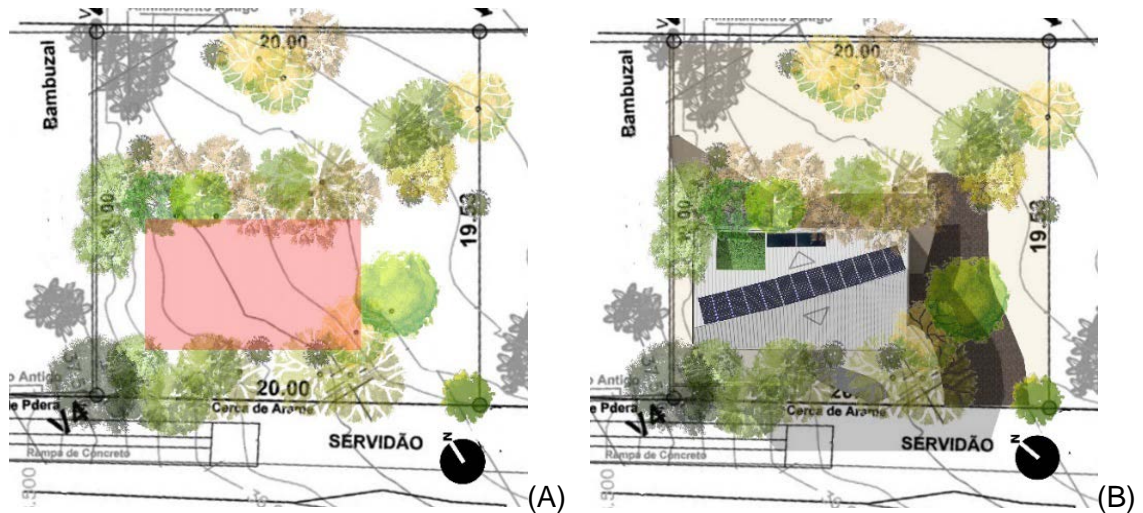


Figura 2 – (A) localização da implantação da casa destacada em vermelho, na região com menor número de árvores. (B) casa já implantada com cobertura de fotovoltaicos orientados a norte

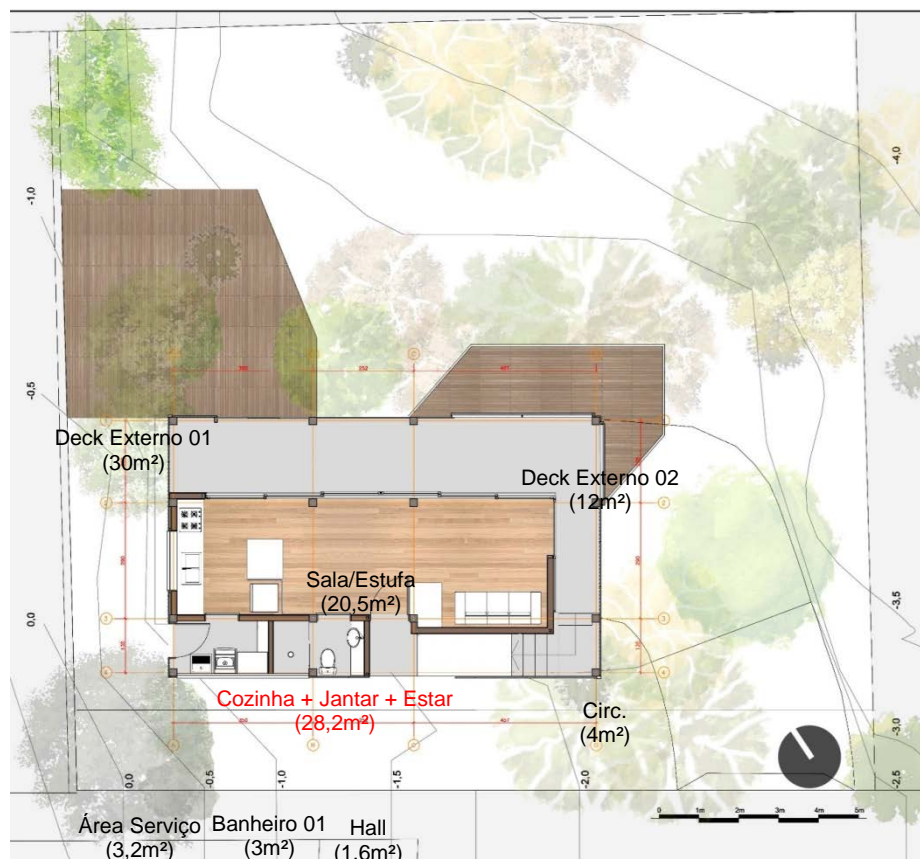


Figura 3 – Planta baixa pavimento térreo. Zonas condicionadas em vermelho

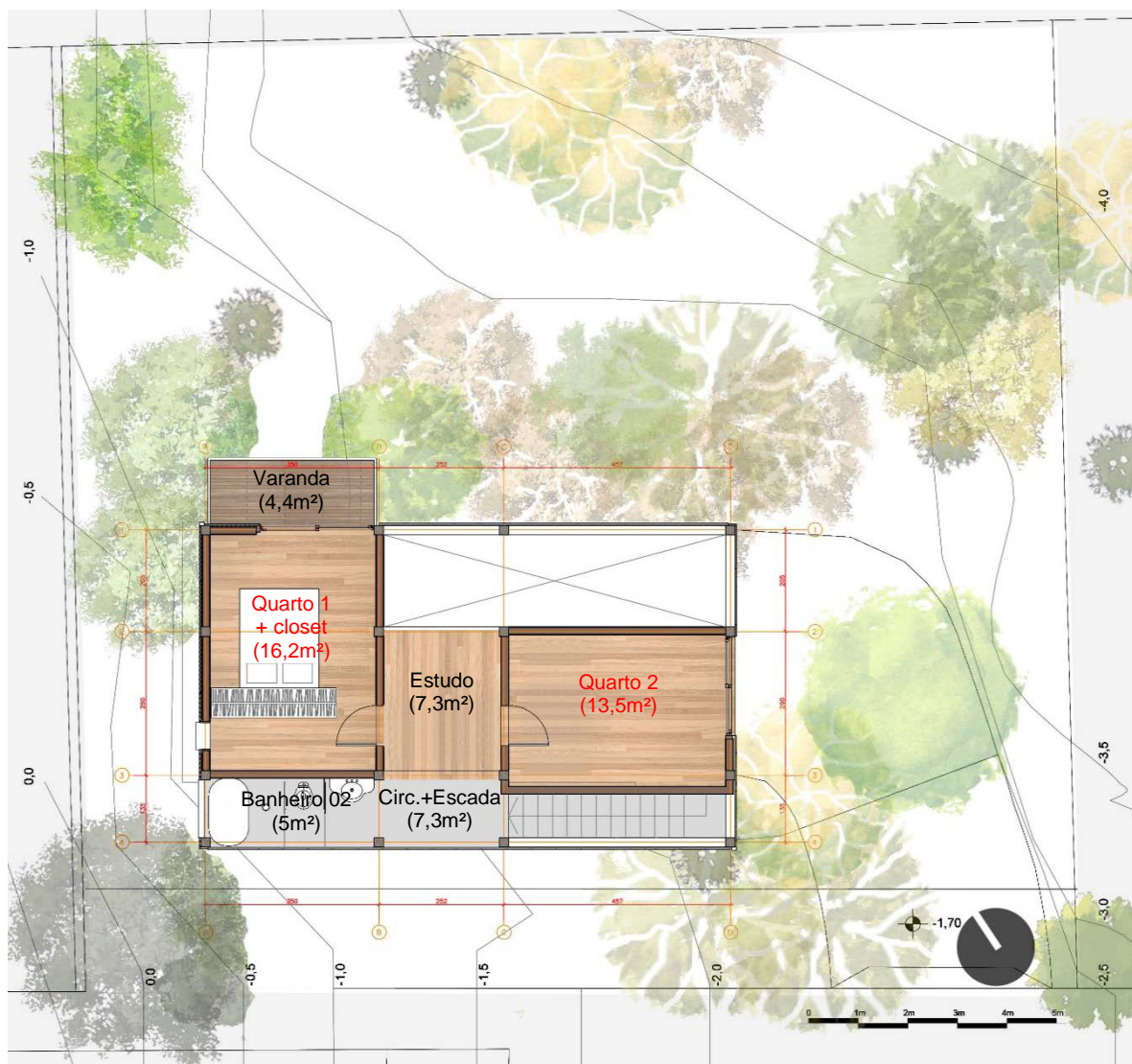


Figura 4 – Planta baixa primeiro pavimento. Zonas condicionadas em vermelho

Por conta da umidade elevada e do grande sombreamento do terreno, pelo morro e pelas árvores, houve a necessidade de adotar um material resistente à água para proteção das paredes e da estrutura, feitas com terra e madeira, respectivamente e, ao mesmo tempo, possibilitar a entrada abundante de luz. Outro ponto considerado foi o peso e a facilidade de instalação, a fim de simplificar o processo de construção e sua montagem em mutirões. Portanto, em vez de “guarda chuvas e galocha”, essa casa veste uma capa de chuva, composta de dois materiais. Nas fachadas leste e oeste utilizou-se painéis frigoríficos, compostos por um sanduiche de chapas metálicas com 30mm de isolamento em PIR¹ (figura 5A); o material é fornecido pronto para ser instalado, evitando assim a necessidade de pintura no canteiro ou utilização de tinta com VOC². Na maioria das fachadas norte e sul, foram empregados policarbonatos (Wall40) de 40mm de espessura e na cor cristal (figura 5A), que, além de eficiente isolamento e proteção, tem película protetora com raios UV³ e encaixe tipo macho e fêmea (figura 5C) para facilitar instalação. A intenção de utilizar

¹ Isolamento térmico poliisocianurato

² *Volatile Organic Compounds* – teor de solventes orgânicos voláteis - quanto mais baixo, menor a toxicidade da tinta

³ radiação ultra violeta

este material, além da facilidade na montagem, sem necessidade de pintura, possibilidade de aproveitamento máximo de luz, conexão dos ambientes internos com o externo, que amplia a perspectiva do usuário, e relacionar a dinâmica da casa com o dia a dia da rua, foi a de vincular as fachadas às estratégias de controle térmico passivo.

A chamada sala/estufa tem a função espacial, de amplitude, aumento da perspectiva, possibilitando também a prática de esporte como o tecido acrobático (uma das exigências da cliente), além da função de controle térmico. Contudo, possibilita ainda ambiente ideal para a plantação de vegetais e frutas (pequeno porte) no espaço interno da casa, contribuindo para saúde alimentícia dos usuários e aproximando-os dos ciclos naturais como papel educativo. Outra escolha que caminha neste sentido é o fato da casa não ter suítes, por considerar a água como um bem precioso e que tem de ser compartilhado e dividido, que se aprende e exercita no dia a dia.

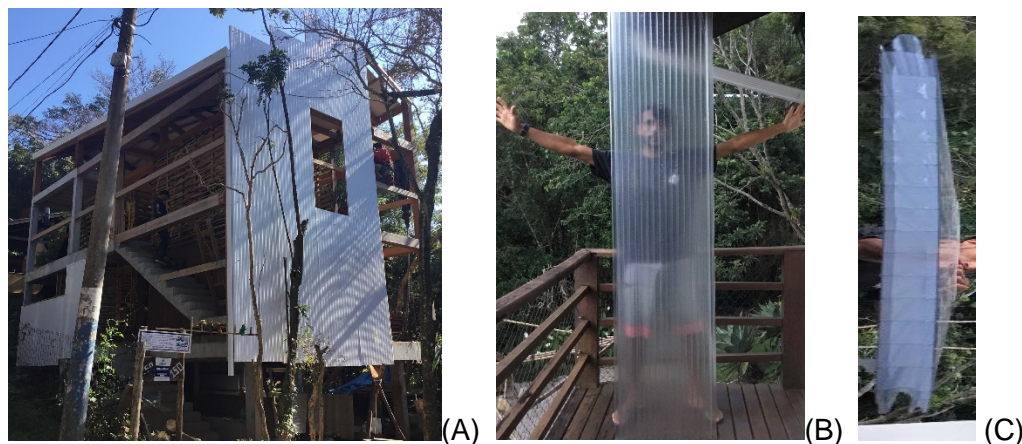


Figura 5 – (A) Painéis frigoríficos sendo instalados na fachada leste (B) Teste com os policarbonatos Wall 40 cristal, vista frontal (C) Policarbonatos Wall 40 cristal vista lateral com encaixe tipo “macho e fêmea”.

Estratégias passivas de controle térmico

As estratégias passivas de controle térmico foram fundamentais na concepção do partido de projeto. A mais importante delas talvez seja a divisão dos ambientes internos em zonas semicondicionadas e zonas condicionadas. A primeira diz respeito ao grande invólucro da casa, composto por painéis frigoríficos, policarbonatos e telhas sanduíche tipo forro (com composição semelhante a dos painéis frigoríficos). Embora estes materiais tenham boas características de isolamento, tanto quanto a água, quanto ao calor ou frio, são mais permeáveis à troca de temperatura com o meio externo, pois, não há nesta zona, preocupações quanto a frestas e estanqueidade de aberturas, por exemplo. A zona semicondicionada traduz-se em ambientes amplos, conectados visualmente e com um grande pé direito; por este motivo, tem volume maior de ar para condicionar. As áreas condicionadas, que são, basicamente, no térreo, o espaço da cozinha, o jantar e o estar (destacadas nas figuras 3 em vermelho) e, no primeiro pavimento, os quartos (destacados na figura 4 em vermelho). São espaços que, além do isolamento presente no invólucro, ainda tem, em seu perímetro, paredes de terra, executadas com a técnica de pau a pique, com 15cm de espessura, com esquadrias e fechamentos com melhor desempenho térmico e isolamento nos pisos e coberturas. Por conta do pé direito mais baixo, são espaços que têm menos ar para ser condicionado, e, por isso, gasta-se menos energia, tanto para resfriar, quanto para aquecer.

A transição entre zonas semicondicionadas e zonas condicionadas, aliadas a uma série de aberturas no piso e na cobertura, permite maior possibilidade de controle, potencializando a ventilação em dias quentes. Em dias frios, com o fechamento completo, o efeito estufa potencializa-se, aquecendo os ambientes (figura 6).

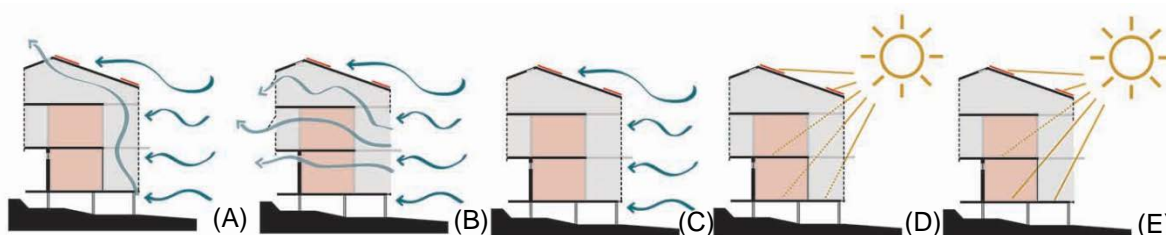


Figura 6 – Esquema ilustrativo das possibilidades de controle térmico; (A) Invólucro externo, fechado e ventilação aberta no piso e cumeeira; (B) Invólucro externo e aberturas internas abertas; (C) Tudo fechado; (D) Tudo fechado e raios solares filtrados por placas de policarbonato; (E) Aberturas do involucro externo que permite a entrada os raios solares

Sistema construtivo

O sistema construtivo da Casa Bambuzal é misto, de madeira e concreto. A fundação, a laje do pavimento térreo, as escadas e a torre da caixa d'água, são de concreto armado (pilares, vigas e sapatas), cujas lajes são treliçadas, pré-moldadas e com lajotas cerâmicas de preenchimento (figura 7A). A contenção da garagem, semienterrada, é executada com alvenaria com blocos de concreto.



Figura 7 – (A) Concretagem dos pilares de suporte da laje da caixa d'água e a caixaria da escada que leva ao primeiro pavimento (B) Estrutura de concreto finalizada e pronta para montagem da cobertura

A estrutura de madeira é composta por pilares e vigas com conexões metálicas (figura 7B). As seções dos pilares são de 19cmX19cm e das vigas de 23cmX19cm; a madeira utilizada é o cambará (*Lantana camara*), pela facilidade em conseguir este tipo de secção; outras espécies, como a itaúba (*Mezilaurus itauba*) e o angelim (*Dinizia excelsa Ducke*), mostraram-se difíceis de encontrar nas dimensões que se necessita, o que aumenta substancialmente o custo. Também se considerou a possibilidade de madeira lamelada colada (MLC) com pinus ou eucalipto (*Eucalyptus*), mas esta foi descartada por conta das químicas empregadas no tratamento e do preço, que ficou entre o do cambará e da itaúba. Houve também a disposição em trabalhar com madeira nativa, por entender que, a longo prazo, o manejo da floresta é um caminho viável ecologicamente, do que a substituição dela por florestas de pinus e eucalipto.

A estrutura de madeira tem, em sua maioria, quatro comprimentos de pilares, que vão de 5m a 7m de altura. São seis diferentes comprimentos de vigas, de 1,2m a 4,3m. As peças de madeira são unidas com conectores metálicos. O conector 1 faz a transição da estrutura de madeira com a laje de concreto, e o conector 2 a conexão das vigas com os pilares (figura 8 e 9 B). Os conectores 3, 6, 7 e 9 correspondem aos procedimentos do sistema de cobertura (figura 8). Outras conexões são feitas com parafusos diretamente instalados na madeira.

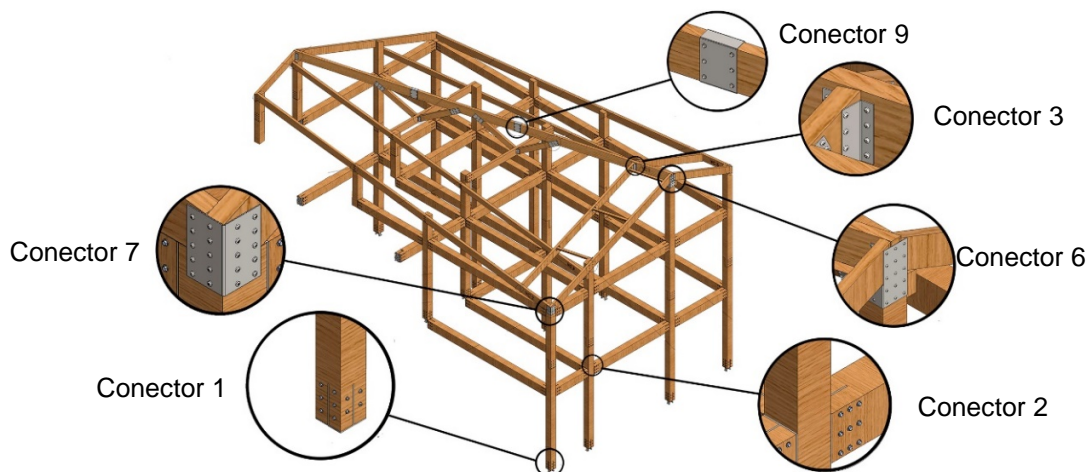


Figura 8 – Esquema isométrico da estrutura de madeira com a montagem dos conectores metálicos

Todas as peças de madeira e seus recortes e conexões foram feitos *in locu* pela equipe de obra com o auxílio de um tira taboas (ferramenta adaptada a motosserra para fazer corte retos e paralelos com gabarito ou trilho). No caso da obra, este trilho foi adaptado com peças de madeiras que seriam utilizadas posteriormente como ripas na cobertura.



(A)



(B)

Figura 9 – (A) Recortes para conexão das vigas com o auxílio de um tira taboas (crédito: Bruno Condi Cavagnari); (B) Detalhe dos conectores 2 instalados para conexão das vigas

Paredes de pau a pique e trabalho colaborativo

As paredes de pau a pique, com trama dupla espaçada em aproximadamente 8cm que resulta espessura de 15cm, contornam o perímetro das zonas condicionadas da casa. A

exceção está no pavimento térreo, com pequenas paredes que dividem o hall de entrada do banheiro e o banheiro da área de serviço, que têm 12cm de espessura, por estarem na zona semicondicionada.

Inicialmente, foi considerado o uso da terra do próprio terreno. Contudo, como a implantação procurou não alterar substancialmente a topografia do lote, a terra do local mostrou-se insuficiente, além de ter uma composição heterogênea, oscilando entre locais, com menos e mais argila, o que demandaria mais trabalho para extração e mistura do traço. Optou-se então por obter a terra de um aterro nas proximidades da construção, ainda no sul da ilha de Santa Catarina. Todavia, até conseguir o solo adequado, com o equilíbrio de argila, silte e areia, foram coletadas quatro amostras de aterros distintos. Os testes adotados para seleção do solo foram o do vidro (figura 10A) e, com as amostras de melhores resultados, os de coesão e resistência (figura 10B e 10C), com o objetivo de identificar a melhor proporção de areia e terra na mistura de solos.

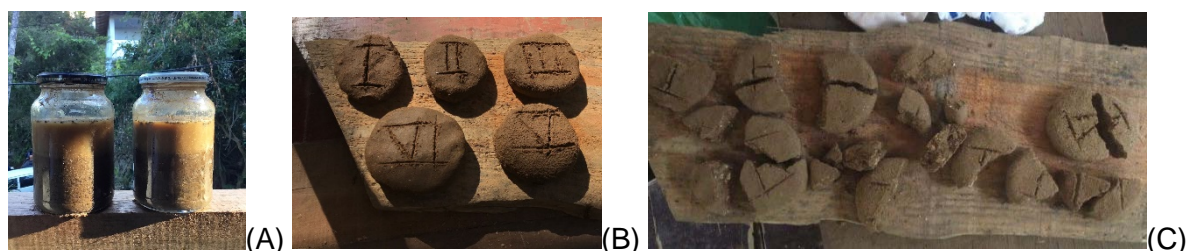


Figura 10 – (A) Ensaio do vidro com duas amostras (B) Corpos de prova preparados com diferentes traços para determinar a resistência (Crédito: Bruno Condi Cavagnari) (C) Corpos de prova para identificar a melhor proporção da mistura na terra selecionada

A logística do canteiro para preparar a mistura do solo foi organizada da seguinte forma: 10m³ de solo (figura 11 A), mais 5m³ de areia armazenada em baia. Uma estrutura preparada para armazenar a palha e mantê-la longe da umidade (figura 11 B).

O solo foi misturado inicialmente com o auxílio de uma betoneira, com o traço de proporções de 3 de terra, para 1 de areia e aproximadamente 3 de palha e 1 de água. A palha era misturada na betoneira e posteriormente, com mais palha, em uma lona, que auxiliava na mistura e na dinâmica do pisoteio.



Figura 11 – (A) O volume de dois caminhões de terra, recém chegados no canteiro (B) Estrutura suspensa feita para armazenar proteger a palha da umidade

A casa tem, no pavimento térreo, aproximadamente 13,6m linear de paredes com 15cm de espessura, mais 2,6m de paredes com 12cm (figura 3), resultando o volume de mistura (terra, areia e palha) de aproximadamente 4,7m³; no primeiro pavimento, são aproximadamente 26,9m linear de paredes de 15cm de espessura (figura 4), resultando em um volume de terra de aproximadamente 8,3m³ de mistura.

A trama das paredes foi feita com as sobras das madeiras de caixaria (figura 12C) da etapa de concreto, utilizadas em sua maioria nos montantes verticais. Nos montantes horizontais, utilizaram-se ripas cortadas e tratadas das touceiras de bambu do terreno (figura 12 A), fixados com pinos nos montantes verticais. A maioria da tubulação da instalação elétrica passa por dentro das paredes de terra (figura 12 B); já para instalação hidráulica, a tubulação passa por fora das paredes, com um shaft de acesso para manutenção e inspeção no caso de vazamentos.



Figura 12 – (A) Peças de bambu tratado, prontos para colocação na trama das paredes (B) Quadros de instalação elétrica e tubulação passando pela trama da estrutura (C) Trama do pau a pique com abertura

As paredes foram barreadas por equipes mistas: ora com a equipe de obra (figura 13 A), que executa e participa das etapas de construção desde a finalização da concretagem, e ora com trabalho voluntário de familiares e amigos (figura 13 B). Alguns mutirões foram organizados, nos quais participam amigos, vizinhos e alguns alunos (figura 13C). Contudo, por conta das restrições estabelecidas pela pandemia de Covid-19, estes eventos não aconteceram com o número de pessoas e a frequência que se imaginava no início do projeto. Por este motivo, o barreamento e acabamento das paredes extrapolaram os prazos previstos.

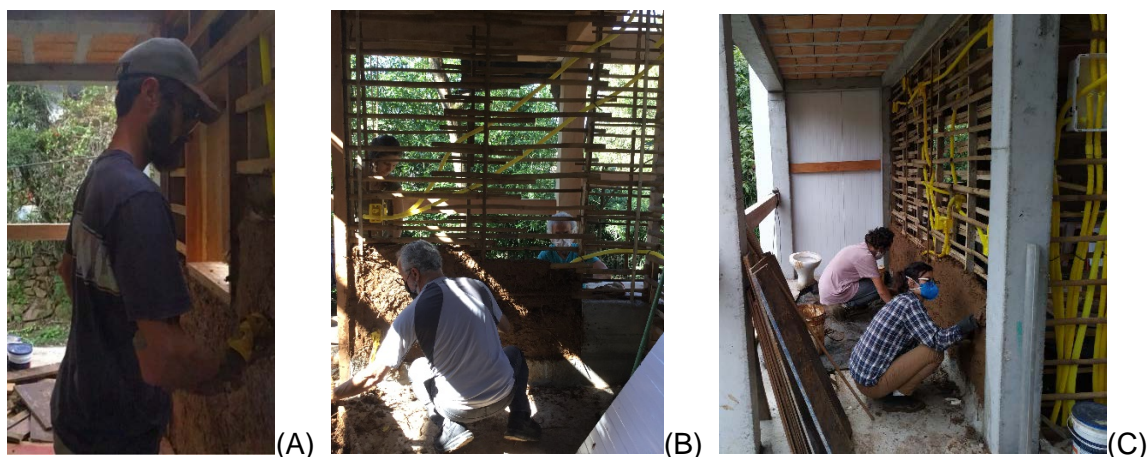


Figura 13 – (A) Equipe de obra executando parede de pau a pique (B) Parede de pau a pique executada durante mutirão com familiares e amigos (C) Parede de pau a pique executada durante mutirão com estudantes e amigos (credito: Jaime W. Hadlich)

A Casa Bambuzal foi imaginada como uma casa na floresta, adaptada ao clima úmido de Florianópolis, em específico às condições do local de implantação, em sua proximidade com o mar. O projeto procurou transitar entre técnicas vernáculas e elementos industrializados, sempre considerando a possibilidade da autoconstrução, da construção coletiva e colaborativa. Os espaços foram projetados para criar condições de conforto e espaciais, que contribuam para a qualidade de vida dos usuários, sem afastá-los de um contato direto com a natureza, o clima, a fauna, a história da região e a vida do local. Neste sentido é importante valorizar o trabalho da equipe de obra, que entendeu o conceito da construção e possibilitou sua execução de forma cuidadosa, atenciosa e profissional, possibilitando a troca de conhecimento e abrindo espaço para que outras pessoas pudessem experimentar e vivenciar a experiência da construção e da transformação da matéria com as mãos. Neste sentido, o canteiro de obras de uma construção com terra pode ser transformador, na medida em que inclui e possibilita a participação de uma gama variada de indivíduos, com diferentes saberes, limites, idades, habilidades e conhecimentos.



Figura 14 – Equipe de obra pisoteando o barro para o pau a pique com a simpática participação de uma das muitas crianças que passaram pelo canteiro e contribuíram para a execução de parte da Casa Bambuzal



Lucas Sabino Dias

lucassdias@yahoo.com

Possui graduação em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) em 2010 e mestrado em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade de São Paulo (FAU-USP) em 2014, na Área de Concentração - Tecnologia da Arquitetura. Entre 2008 e 2012 fez parte do Team Brasil, equipe Brasileira que participou da competição internacional de residências de energia zero (REZ), o Solar Decathlon (solardecathlon.gov), ocorrida em Madri, na Espanha, nos anos de 2010 e 2012. Participou da concepção, projeto, construção, montagem e da operação da casa Ekó House (ekobrasil.org/), protótipo de REZ, na competição de 2012, em Madrid. A casa obteve o 3º lugar na prova de sustentabilidade. Foi professor na Universidade do Extremo Sul Catarinense de 2014 a 2019, atualmente é professor adjunto do curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Santa Catarina.

FICHA TÉCNICA

Casa Bambuzal (@casabambuzal)

Residência unifamiliar

Local: Florianópolis (SC)

Data de início do projeto: 2015

Data da conclusão da obra: 2021

Área do terreno: 390 m²

Área construída: 170 m²

Arquitetura: Arq. Lucas Sabino Dias – Colaboradores: João Armondi e Umberto Violato.

Fotos: Lucas Sabino Dias, Bruno Condi Cavagnari, Jaime W. Hadlich

Rederizações capa: Gabriel Fermiano

Construção: Da terra Bioconstrução (@daterrabioconstrucao) – Gabriel Grigoletto

Estrutura de madeira: Eng. Edson Costa dos Santos;

Estrutura concreto: Eng. Erik de Almeida Dijkstra.

Gestão da etapa de concreto: Eng. Karin Kovalski de Souza.

Consultoria bioclimática: Veridiana Atanasio Scalco (@janelalab)

Hidráulica: Eng. Tainan Silveira

Fornecedores: madeira - Madeireira Roque e Kremer; policarbonatos - Replaex Policarbonatos; telhas e fechamentos metálicos - Dânica.



CRECHE-ESCOLA CIAC

CENTRO INTEGRADO DE AÇÕES COMUNITÁRIAS

Ana Paula Paluszkievicz
Diego Carlos Batista Sousa
Gustavo Orcilio Vaceli dos Santos

Resumo

O Projeto Centro Integrado de Ações Comunitárias (CIAC) é ação de fomento, desenvolvimento e inovação para a qualidade de vida e educação na cidade de Fortaleza, Ceará.

Com a oportunidade desse projeto, por iniciativa da Fundação Samura, que já atuava na região atendendo crianças em uma Creche-Escola na comunidade do Sapiranga, surgiu a necessidade de expandir o número de crianças atendidas. Além do espaço e vagas, o projeto previu a inserção de novos equipamentos como: Biblioteca Comunitária, Horta Comunitária, Salão Multiuso e Anfiteatro. Estes foram projetados e idealizados a partir dos três pilares da tecnologias sociais: baixo impacto, baixo custo e fácil replicação, servindo de modelo em técnicas bioconstrutivas, saneamento ecológico e arquitetura eficiente.

Projeto e organização arquitetônica

Com uma planta orgânica e fora dos padrões ortogonais, o projeto visa integrar os espaços de maneira fluida, leve e funcional, criando um passeio agradável, sem barreiras ou passagens notórias entre os ambientes.



Figura 1 – Planta – Layout

O pátio central abriga o parquinho infantil de areia e grama, espaço de recreação e iniciação ao contato das crianças com a natureza, que também pode ser feito pela porta auxiliar dentro das salas de aula, que se abrem diretamente para o jardim sensorial, cheio de cores, formas e cheiros, estimulantes dos cinco sentidos do corpo humano.

Em frente ao Centro encontram-se os espaços voltados para o uso público, como um salão multiuso, anfiteatro escavado e uma geladeira comunitária, aproximando a comunidade dos equipamentos.

A cozinha conta com uma área específica de recebimento de alimentos, com setor de lavagem e preparação dos itens a serem destinados aos depósitos mensais, semanais e de uso imediato. O manipulador de alimentos também tem um banheiro exclusivo com bacia sanitária, pia e chuveiro para higienizações necessárias.

Otimização dos recursos naturais

O terreno tem frente para o Norte; as salas de aula foram posicionadas para tivessem privilegiadas a ventilação natural e a insolação, de modo que as paredes recebam o sol por alguns períodos do dia, pois este é um importante agente antifúngico e antibacteriano natural. Dessa forma, o telhado com angulação de 21 graus em relação à parte inferior da parede protege a edificação de incidência direta de chuvas e permite a insolação controlada. Em análise no programa Sol-Ar para a carta solar de Fortaleza, foram colocadas as principais posições de beirais da edificação e o resultado disto é um bom sombreamento entre as 10:00 e 12:00, principalmente em épocas quentes e períodos chuvosos, como se pode observar na figura 2.

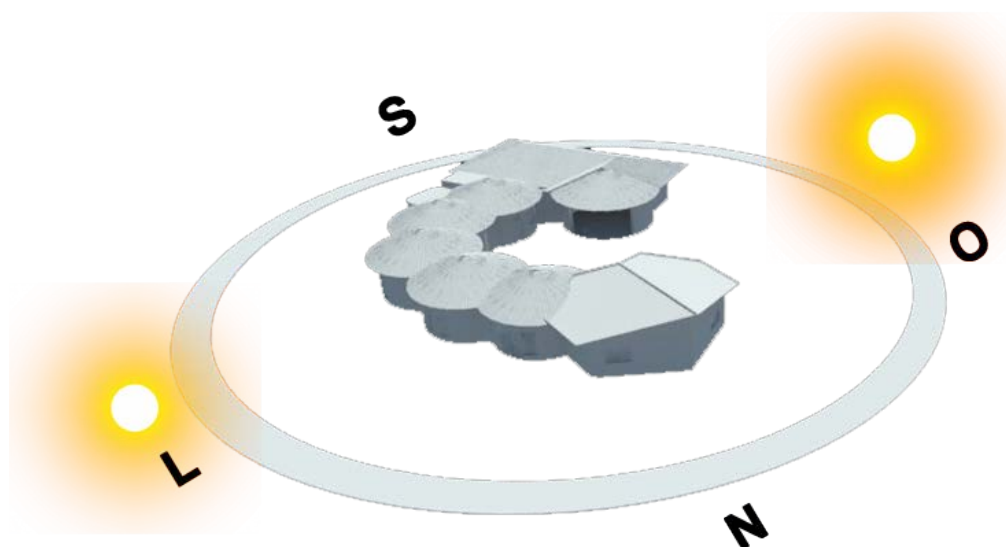


Figura 2 – Posição solar

A parede de terra permitiu o reuso do material retirado das escavações do sistema de saneamento e das fundações, representando 70% de um total de 700 toneladas utilizadas, um grande feito diante das dimensões do terreno e por se encontrar em um território urbano. As paredes também criam conforto térmico e regulação da umidade do ar, pois terra é um material fino e poroso, que permite que as paredes respirem, permitindo a interação do meio externo com o meio interno, deixando um ambiente ideal de se viver.

Saneamento

O CIAC conta com um sistema de saneamento ecológico descentralizado. Para tratar as águas escuras foi montada uma bacia de evapotranspiração (BET). Já as águas cinzas são tratadas na vala de infiltração. O projeto também conta com a captação das águas da chuva para irrigação da horta comunitária.



Figura 3 – Etapas da construção da bacia de evapotranspiração

Estrutura geodésica

Os domos geodésicos ganham bastante espaço por representar leveza, versatilidade e resistência. Sua estrutura é baseada na geometria universal, conseguindo vencer grandes vãos a partir da distribuição uniforme de seu peso. O domo geodésico do CIAC funciona como um salão multiuso e serve de apoio para atividades no anfiteatro escavado.



Figura 4 – Montagem da estrutura do domo geodésico

Fundação

A estrutura da base escolhida foi a de pedra argamassada, uma alternativa na qual não é necessário o uso do aço e tem uma redução significativa no uso do cimento comparado com as construções convencionais. A técnica empregada consiste em preencher os espaços com grandes pedras unidas com argamassa de cimento.

Para garantir o isolamento entre as paredes de terra e o solo, foi feita uma camada de 40cm acima do solo de “concreto ensacado”, que consiste no preenchimento da malha raschel, a mesma utilizada para a técnica de terra ensacada, com um concreto magro “farofado” e depois impermeabilizado com manta asfáltica líquida.



Figura 5 – Detalhe da fundação de pedra argamassada, “hiperconcreto” e impermeabilização

Alvenaria interna

As paredes entre as salas de aula e uma das paredes da biblioteca foram executadas com a taipa de mão, também conhecida como pau a pique, técnica trazida no Brasil pelos portugueses e africanos e amplamente difundida no meio rural, que consiste em uma estrutura de madeira preenchida com uma mistura de terra e fibra.



Figura 6 – Estrutura do pau a pique e barreamento

O adobe, que consiste em um tijolo de barro e palha moldado em uma forma de madeira, foi utilizado em uma das paredes da biblioteca e também na parede da sala de coordenação.



Figura 7 – Secagem dos tijolos e detalhe da parede da biblioteca de taipa de mão e adobe

Em alguns locais específicos, como a parede de divisa entre o banheiro central, foi empregada a alvenaria de tijolos cerâmicos, a fim de agilizar o processo de execução e facilitar o revestimento cerâmico.

Alvenaria externa

Para garantir um bom isolamento térmico, foi utilizada nas paredes externas a técnica de terra ensacada, popularmente conhecida como hiperadobe.



Figura 8 – Alvenaria externa de terra ensacada

Revestimento

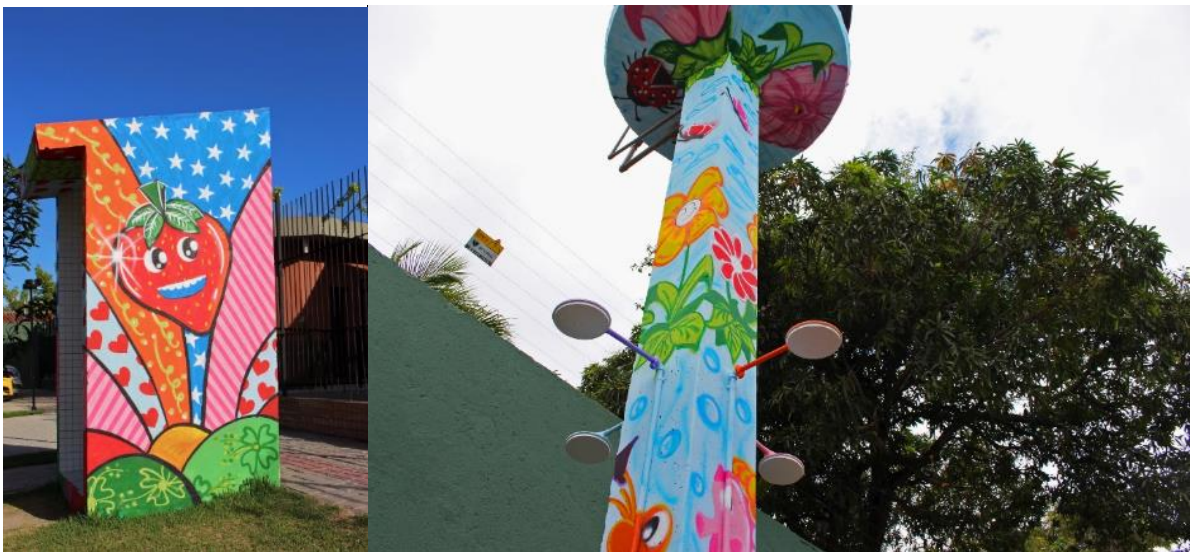
Uma estrutura construída com técnicas de terra merece um revestimento à altura. O reboco utilizado, nas paredes externas do CIAC, e internas das salas de aula, foi uma mistura de terra, palha, areia e cal, e por fim, uma argamassa para dar um acabamento mais fino com a mesma mistura, mas sem a palha.

Pintura

A tinta escolhida foi à base de terra, também conhecida como “geotinta”, uma mistura de terra, água, pigmento mineral (óxido de ferro) e um aglutinante. Nas paredes externas foi usado como aglutinante a cola à base PVA e, nas internas, cola feita a partir de fécula de mandioca. Na geladeira comunitária e na caixa de água foi feito uma arte em grafite.



Figura 9 – Pintura externa e interna das salas de aula



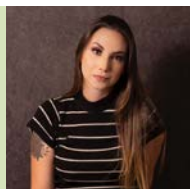
Figuras 16 e 17 – Arte em grafite da geladeira comunitária e caixa d’água

Cobertura

Na sala administrativa e biblioteca, foi feito um teto verde, técnica que ajuda a regular a temperatura interna; no domo geodésico foram utilizadas as telhas shingle (manta de fibra de vidro saturada com asfalto com grânulos cerâmicos) e os demais ambientes foram utilizadas as telhas ecológicas, as famosas telhas de tetrapak (caixas de Tetra Pak, manta térmica e revestimento com alumínio na parte superior).



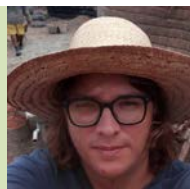
Figura 18 – Imagem superior da cobertura



Ana Paula



Diego



Gustavo

Ana Paula Paluszkiwicz

galpão101br@gmail.com

Natural de Porto Alegre (RS) e residente em João Pessoa (PB), arquiteta e urbanista formada pela UFPB, atuante na área de reformas e construções com enfoque em eficiência energética e arquitetura bioclimática. Trabalha também com animais, desenvolvendo brinquedos cognitivos e ambientes adequados para animais silvestres de cativeiro, reduzindo stress e facilitando manejo veterinário. Atualmente graduanda do curso de biotecnologia pela também UFPB.

Diego Carlos Batista Sousa

diegocarlosjp@hotmail.com

Bacharel em relações internacionais pela UEPB e mestre em relações internacionais pela UFSC, atua como pesquisador no Grupo Transdisciplinar em Governança pelo bem Comuns – GThidro, é membro do Comitê Facilitador da Sociedade Civil Catarinense para Rio+20 e atual presidente do ECCUS.

Gustavo Orcilio Vaceli dos Santos

gvaceli@hotmail.com

Engenheiro civil pela Universidade de Marília, atualmente é responsável pela Macramê Ecológico, projeto especializada em construção sustentável. Em 2019 foi um dos responsáveis pela execução da creche-escola sustentável Centro Integrado de Ações Comunitárias (CIAC), em Fortaleza (CE); em 2020 colaborou com a construção da primeira escola pública sustentável do Chile, a Una Escuela Sustentable no município de Cartagena. Desenvolve, desde o ano de 2017, trabalhos de saneamento rural no oeste paulista e norte do Paraná. É especialista em saúde e segurança do trabalho pela UTFPR.

FICHA TÉCNICA

TÍTULO OBRA/PROJETO

Centro Integrado da Ações Comunitárias (CIAC)

Local: Fortaleza, Ceará, Brasil

Data de início da obra: Agosto 2018

Data da conclusão da obra: Novembro 2019

Área do terreno: 1.720m²

Área construída: 689,04m²

Projeto Arquitetônico: Ana Paula Paluszkiwicz

Projeto Estrutural: Paulo Cunha e Bruno Liguori Sia

Projeto Hidráulico: Natalia Pires Martins

Projeto Elétrico: Natália Pires Martins

Coordenação geral: Diego Sousa, Helena Tabosa.

Engenheiro responsável técnico: Natália Pires, Gustavo Vaceli, Alexandre Osler

Fotos: André Sousa

Instituições:

- Engenheiros Sem Fronteiras JP
- Galpão 101
- Instituto ECCUS
- Macramê Ecológico



CASA CANAFÍSTULA

Residência unifamiliar

Leila Paschoalloto

Luan Schafer

Resumo

Localizado na Linha das Araras, Margarida, zona rural do município de Marechal Cândido Rondon, Paraná, Brasil, a Casa Canafístula é uma residência unifamiliar, sede de propriedade agroecológica. O projeto foi desenvolvido considerando os princípios de desenho da permacultura, aproveitamento parcial da estrutura existente, aplicação de técnicas construtivas mistas, sistemas de tratamento de efluentes e abastecimentos parciais como aproveitamento de águas da chuva, aquecimento solar de água e sistema fotovoltaico. A obra, quando executada, oportunizará contato da comunidade e região às técnicas de construção com terra, sistemas de tratamento descentralizados e capacitação de mão de obra local.



Figura 1 - Fachada lateral direita

Implantação da obra

A propriedade rural, que já pertencia à família, possui uma pequena casa, considerada no projeto com seu aproveitamento parcial. O acesso de estrada tem boa orientação, favorecendo a redução de velocidade do curso das águas da chuva. No local de implantação (figura 2) da casa sede há uma faixa de árvores formando uma barreira de proteção aos ventos do sul, que ocasionalmente causam estragos nos telhados da vizinhança.



Figura 2 - Localização e implantação

Conceito e programa de necessidades

Este projeto foi desenvolvido para atender uma jovem família que tem como objetivo viver no campo, praticar a agroecologia e a permacultura. Os clientes desejavam o aproveitamento dos recursos locais e a utilização de elementos naturais, assim como a necessidade de criar espaços para trabalho em home office e a possibilidade de manufatura gastronômica das produções agroecológicas, garantindo uma construção confortável, saudável, e que estimulasse o contato com elementos naturais.

Partido arquitetônico

Através do princípio permacultural – “observe e interaja” – foi desenvolvida a leitura da paisagem, resultando no reaproveitamento de parte da casa existente e na utilização de bambu e madeiras, abundantes no local, para execução de parte das estruturas. A vedação das paredes foi desenvolvida com materiais naturais e locais como bambu, sarrafos de madeira e terra como material principal, garantindo o conforto dos ambientes internos devido a sua elevada inércia térmica. Outro ponto importante que se buscou atender foi a necessidade do home office com um escritório amplo, aconchegante e integrado com a paisagem externa por janelas salientes. A cozinha ampla solucionou a necessidade da manufatura das produções agroecológicas da propriedade.

Setorização

A casa sede é a primeira infraestrutura a ser instalada na propriedade; sua setorização foi definida no nível térreo para serviço e social e no pavimento superior para uso privativo, conforme figuras 3 e 4.

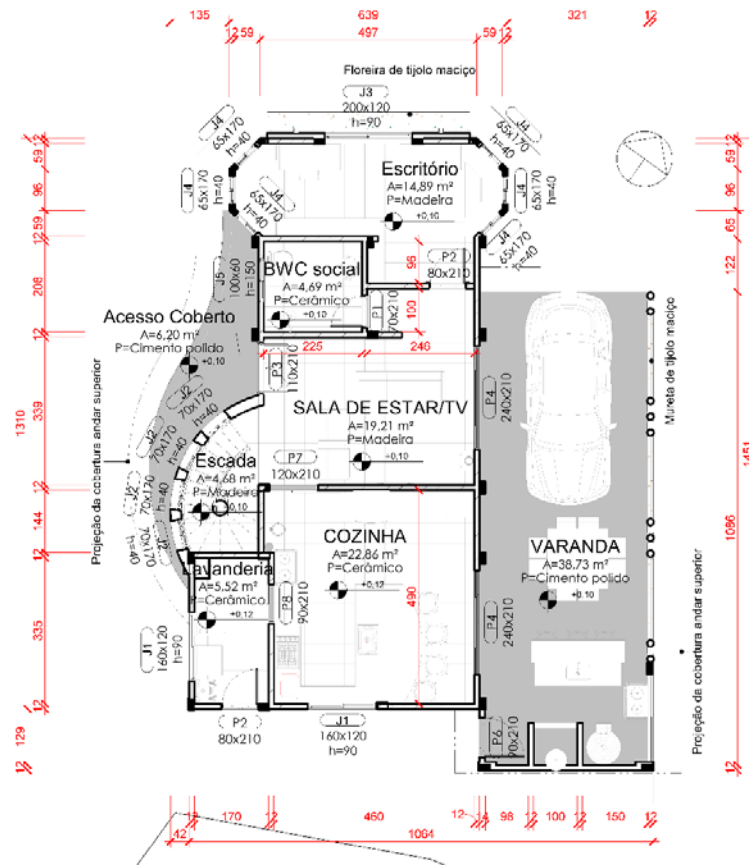


Figura 3 – Planta baixa térreo

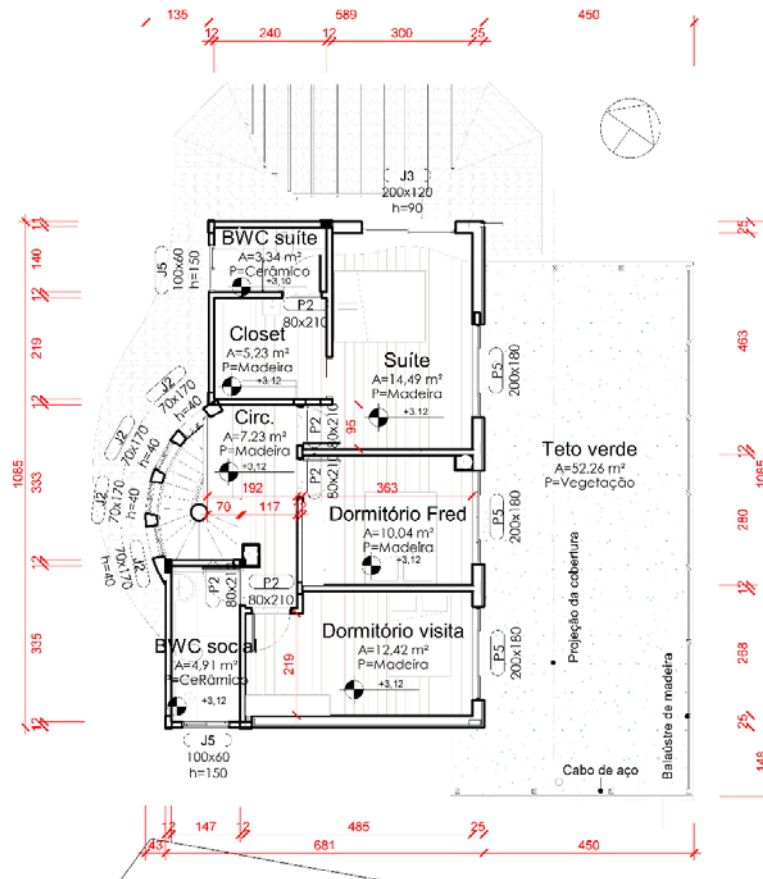


Figura 4 – Planta baixa superior

Infraestrutura

No pavimento térreo, para aproveitar a estrutura existente, optou-se pelo uso de uma “cadeira estrutural”¹ de concreto armado com fundação composta de blocos e estacas. Na fundação da parede de cordwood foi proposto o uso de sapata corrida com pedras basalto.

Pisos

Os pisos da cozinha, lavanderia e banheiros são cerâmicos e, das varandas, de cimento polido, enquanto na sala de estar e escritório, indicam-se pisos de madeira de reaproveitamento.

Elementos em madeira/bambu

No volume que recebe a escada (figura 5), foi definida a aplicação da técnica de cordwood com cepos de canafístula (*Peltophorum dubium*) e ipê (*Handroanthus*); a escada circular foi estruturada no centro por um tronco de ipê e pranchas de canafístula formando os degraus. Ainda no térreo, a varanda foi projetada com estrutura em bambu gigante e coberta por um teto verde leve.



Figura 5 - Escada em madeira

Todas as esquadrias da casa são em madeira de demolição e vidro, algumas adquiridas de segunda mão.

Forros de tiras de bambu farão a ocultação parcial das lajes na cozinha e sala de estar conforme o detalhe forro da figura 6. No banheiro e lavanderia o forro será instalado integralmente para sobrepôr as tubulações de drenagem.

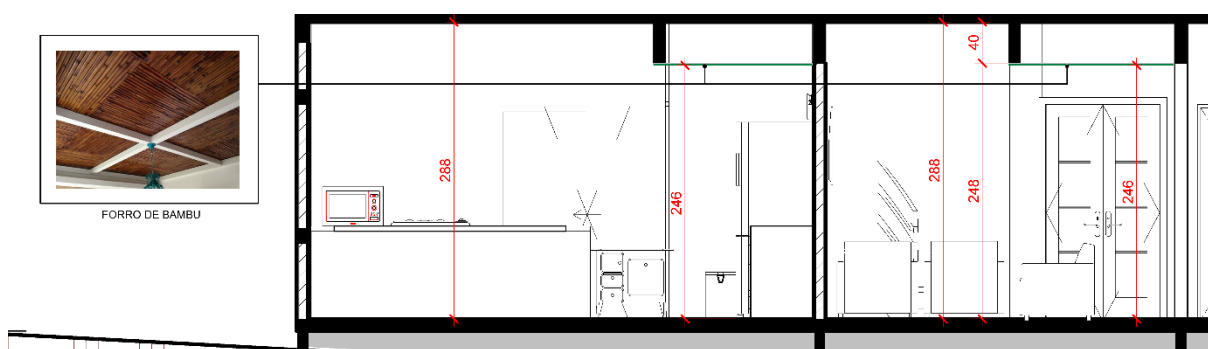


Figura 6 - Detalhe forro

¹ Base estrutural em concreto armado, popularmente chamada de cadeira, que foi posicionada sobre a construção existente para receber a carga do pavimento superior.

No pavimento superior, foi especificada a madeira de reaproveitamento para o forro, indicado nos Corte A (figura 7) e Corte B (figura 8).

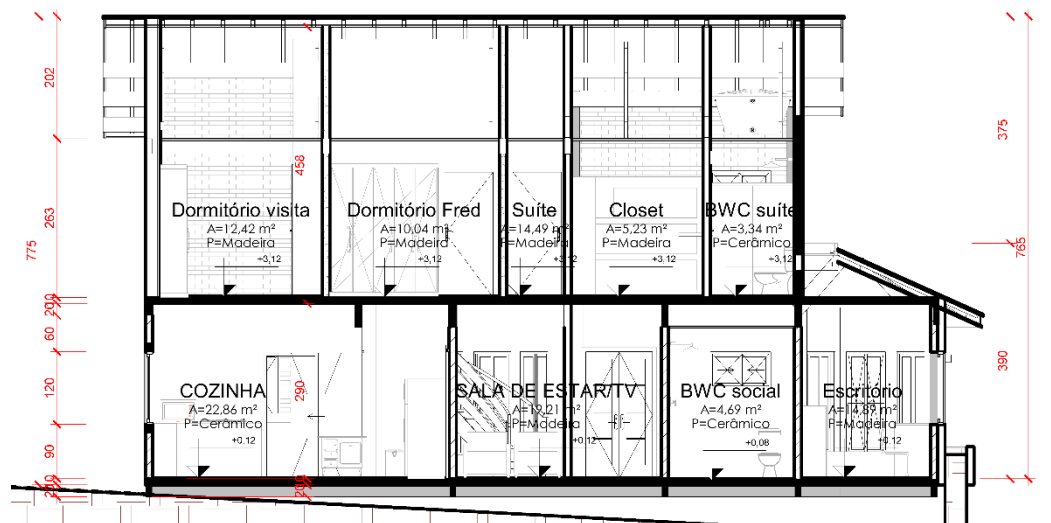


Figura 7 - Corte A

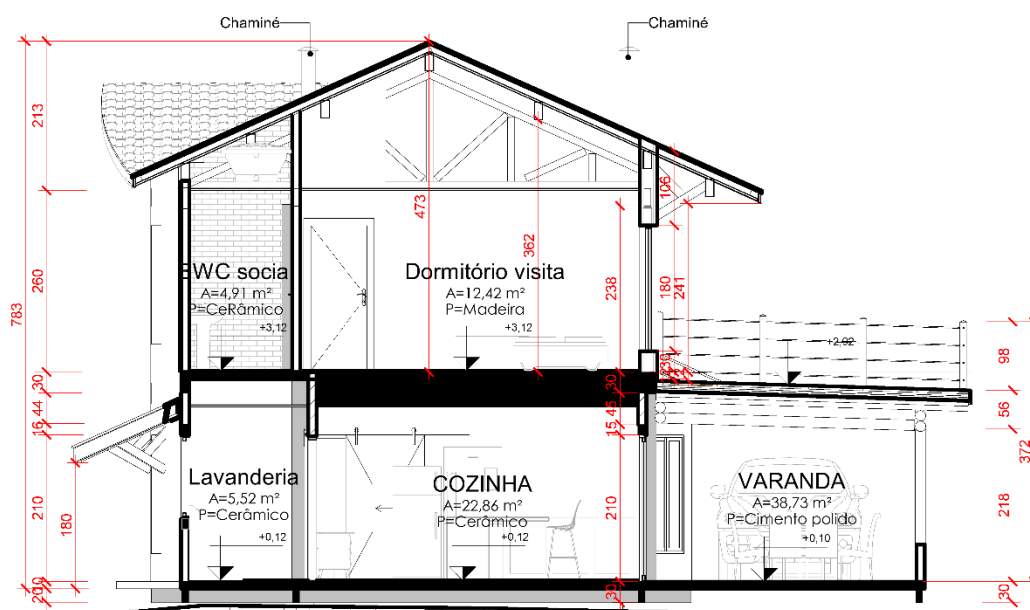


Figura 8 - Corte B

Paredes

Todas as paredes do pavimento térreo, internas e externas, são de alvenaria com tijolos maciços e blocos cerâmicos convencionais, estruturadas com concreto armado, com exceção da empena curva, em frente à escada, projetada em cordwood.

No pavimento superior, as técnicas de construção com terra predominam. Nas paredes externas, especificou-se a técnica de fardo de palha estruturada com pilares e sarrafos de madeira, ao passo que as paredes dos banheiros foram projetadas com tijolos maciços. Por fim, nas divisórias internas optou-se pela aplicação da técnica de taipa de mão com estrutura em madeira.

Os elementos citados acima são apresentados nas figuras 9,10 e 11.

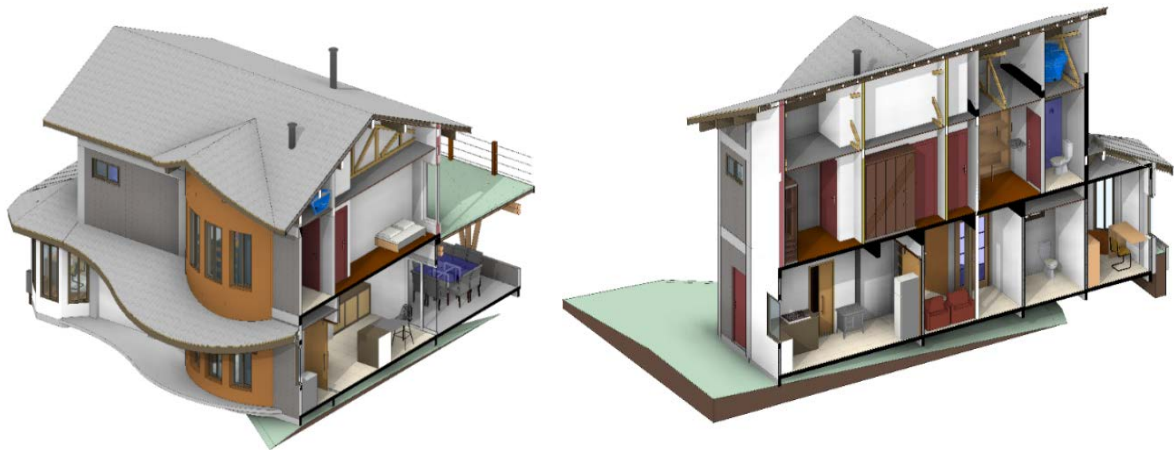


Figura 9 - Corte esquemático

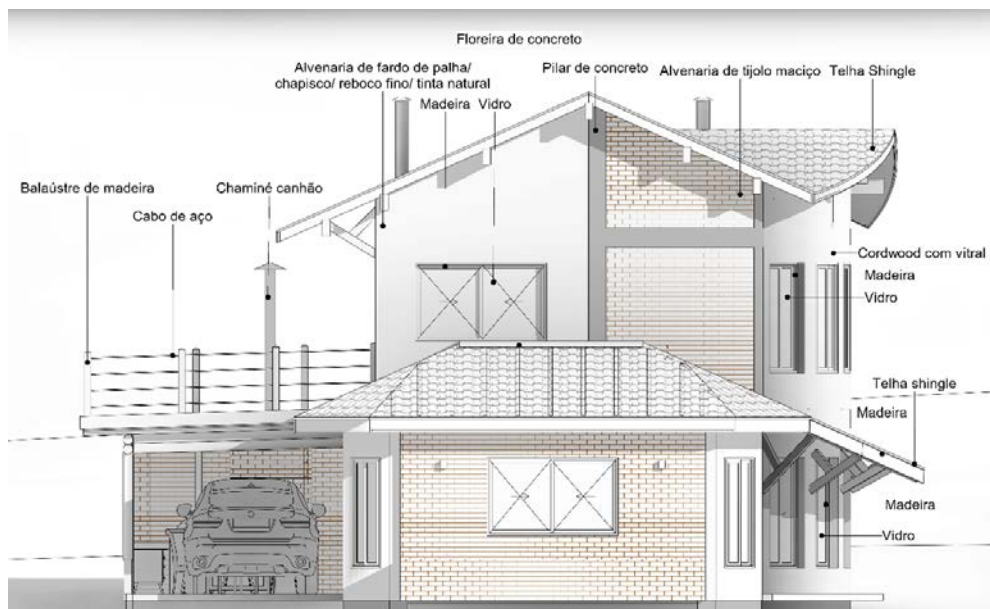


Figura 10 - Fachada frontal

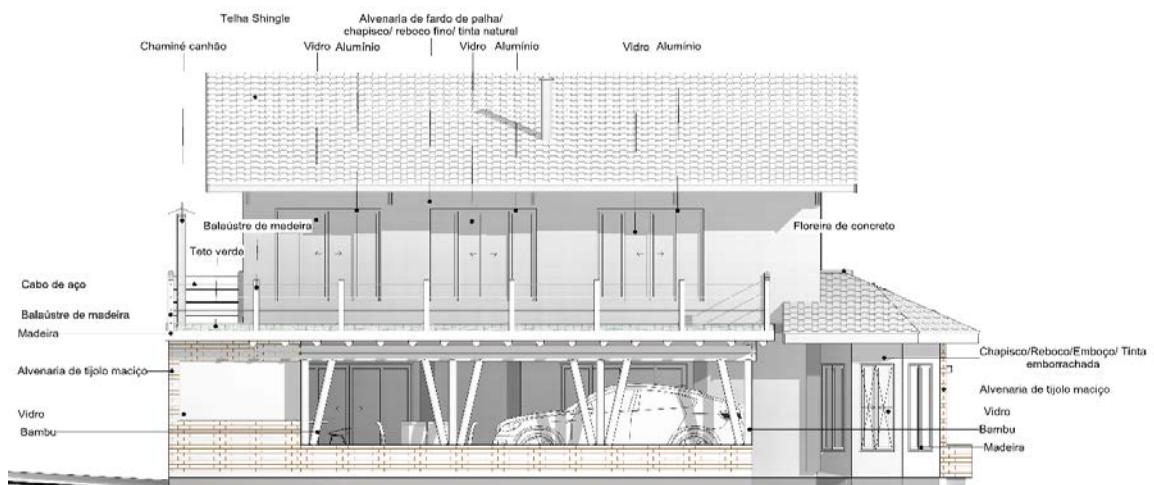


Figura 11 - Fachada lateral direita

Técnicas de construção com terra (figura12)

- *Cordwood com vitrais*: técnica que usa cepos de madeira e garrafas de vidro assentados com argamassa de solo-cimento. Posteriormente, após a secagem, as argamassas recebem reboco e pintura com tinta natural e as faces expostas dos cepos são tratadas adequadamente.
- *Taipa de mão*: técnica que consiste em uma trama de sarrafos de madeira ou varas de bambu com preenchimento de argamassa a base de terra, areia e palha seca (barro). Após o preenchimento, a parede recebe as camadas de reboco e pintura.
- *Fardo de palha*: técnica que consiste em assentar fardos de palha, preferencialmente de cereais, intertravados com sarrafos de madeira, que, posteriormente, são chapiscados com barbotina, estando prontos para receber as camadas de reboco e pintura.

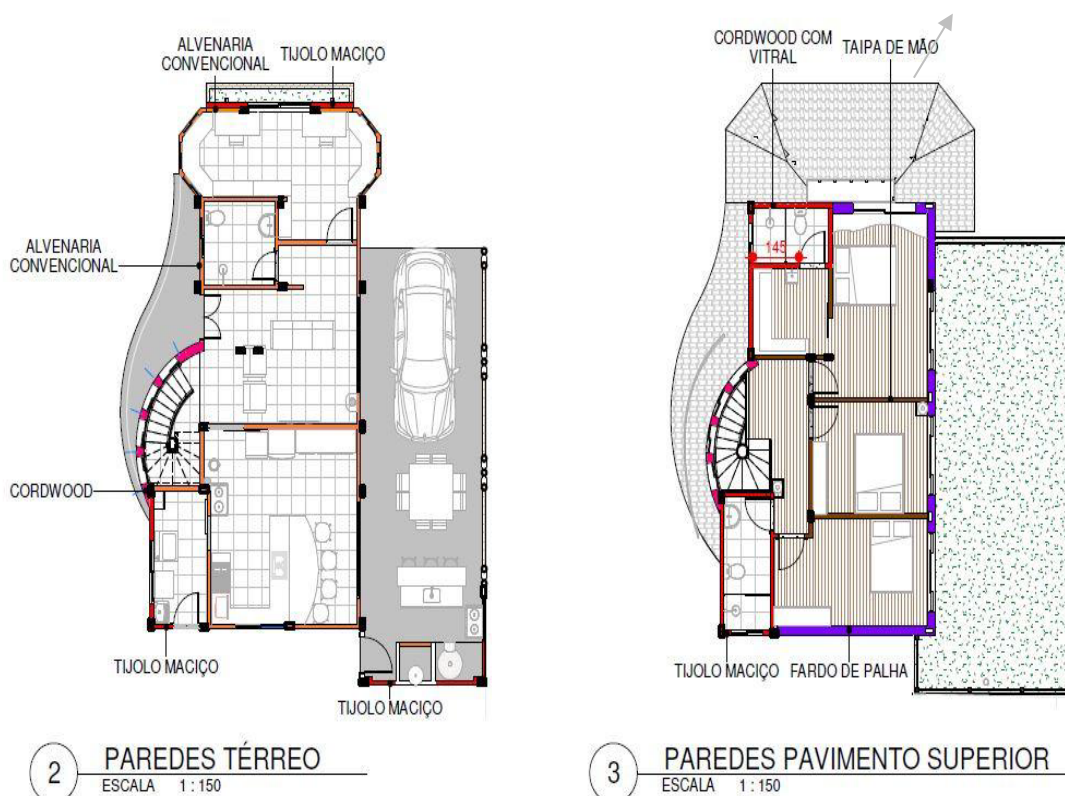


Figura 12 - Tipos de paredes aplicados na edificação

Sistemas de aquecimento

A casa possui uma salamandra² para aquecimento na sala de estar e um fogão à lenha que desempenha duas funções: para aquecer o ambiente e para cocção.

O aquecimento de água se dá por um sistema solar, complementado, no inverno, por aquecedor de passagem (tubulações de água passando pelo interior do fogão a lenha).

Sistemas de abastecimento

O projeto prevê futuras instalações de sistema de aproveitamento de água da chuva e sistema de energia fotovoltaica.



Leila



Luan

Leila Paschoalloto

nosarquiteturaconsciente@gmail.com

Arquiteta e Urbanista pelo Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz (2007). Principais formações extra-acadêmicas: bioconstrução pelo Instituto de Tecnologia Intuitiva Bioarquitetura Tibá (2011), permacultura pelo Instituto Pindorama (2016), saneamento ecológico - biodigestor – Fluxus (2017) e Tadelakt com Cobi Shalev (2021). Ministrei aulas, oficinas e palestras em instituições de ensino públicas e privadas (UTFPR, UNILA, UDC, URI, UNIAMERICA). Atuo profissionalmente como arquiteta de projetos e execução de obras desde 2008, a frente do escritório Nós Arquitetura Consciente, com projetos arquitetônicos, paisagísticos produtivos e eficientes, execuções e gestão de obras.

Luan Schafer

luanschafer@gmail.com

Arquiteto e Urbanista pelo Centro Universitário União das Américas (2019). Capacitação em técnicas de construção com terra com Leila Paschoalloto (2019). Capacitação em técnicas de construção com terra com Cobi Shalev (2021). Trabalhou como estagiário no escritório Nós Arquitetura Consciente de 2016 a 2019. De 2019 até os dias atuais trabalha no escritório Nós Arquitetura Consciente com gestão de projetos e como modelador BIM, desenvolvendo projetos arquitetônicos convencionais e de construção com terra.

FICHA TÉCNICA

Casa Canafístula

Função da obra/projeto: Residência unifamiliar sede

Local: Marechal Cândido Rondon, Paraná, Brasil

Data de início do projeto: Setembro/2020

Data da conclusão da obra: Em andamento

Área do terreno: 1.000m²

Área construída: 251,54m²

Arquitetura: Nós Arquitetura Consciente

Construção: Autoconstrução

Estrutura: Eng. Marisa Cristina Dimidiuk

Hidráulica: Nós Arquitetura Consciente – Luan Schafer

Fotos: Leila Paschoalloto, Beatriz Alves e Luan Schafer

² Fogão, espécie de lareira móvel para aquecimento doméstico



Casa Kanowna

A Taipa na Austrália

Rodrigo Rocha

Resumo

Localizada na cidade de Melbourne, Austrália, apresenta-se o projeto de uma residência de dois andares, cinco quartos, que se apropria da estrutura robusta da taipa de pilão estabilizada com cimento para receber a leve estrutura de 'wood frame' no seu espaço interno. As paredes de taipa de pilão, de 30 e 40 cm, estão acima da fundação tipo radier de concreto. O projeto busca a integridade arquitetônica e proporções coerentes para suprir as necessidades dos clientes, com um desenho bioclimático, que oferece espaços para relaxar, trabalhar e divertir-se, tanto no andar superior quanto inferior e exterior da casa.

Partido arquitetônico

A taipa, atuando como estrutura principal da casa, recebe uma estrutura leve e marcante em "wood frame" para acomodar a parte íntima no piso superior e uma suíte no térreo, marcando a fachada, que faz frente para a rua. A área social é voltada para o fundo do lote e todos os serviços na fachada sul, permitindo aberturas de vidro ao norte e oeste. A intenção do projeto é utilizar a taipa como elemento principal da construção, possibilitando que a estrutura do andar superior acomode-se sobre ela, permitindo criar espaços vazios e de circulação entre os ambientes internos, além de proporcionar espaços para entradas de luz e ventilação cruzada em todas as áreas da casa. As paredes de vedação, excluindo as paredes de taipa de pilão, são construídas com "wood frame", técnica muito utilizada na Austrália.



Figura 1 – Fachada frontal da residência

Desenvolvimento do Projeto

As paredes de taipa de pilão estabilizadas com cimento foram executadas em 20 dias, com produtividade média de 15m² diários. Em sua mistura, foram utilizados 7% de cimento branco, além de adição de água para umidade ideal para compactação e uma pequena quantidade de hidrofugante, regularmente utilizado nas construções de taipa de pilão estabilizada na Austrália. Nesta obra, as paredes foram executadas distante 45 mm da fundação, com a intenção de ressaltar as paredes de taipa das paredes externas em 'wood frame'.

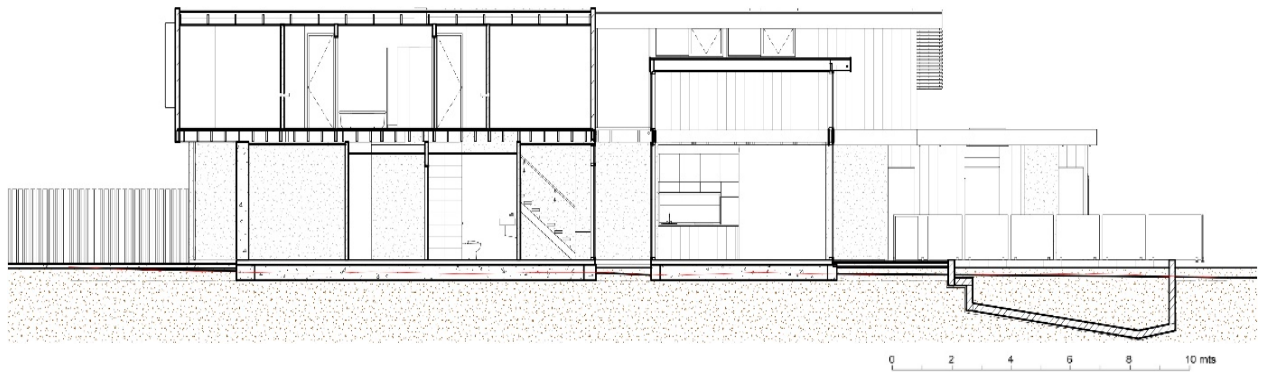


Figura 2 – Corte longitudinal

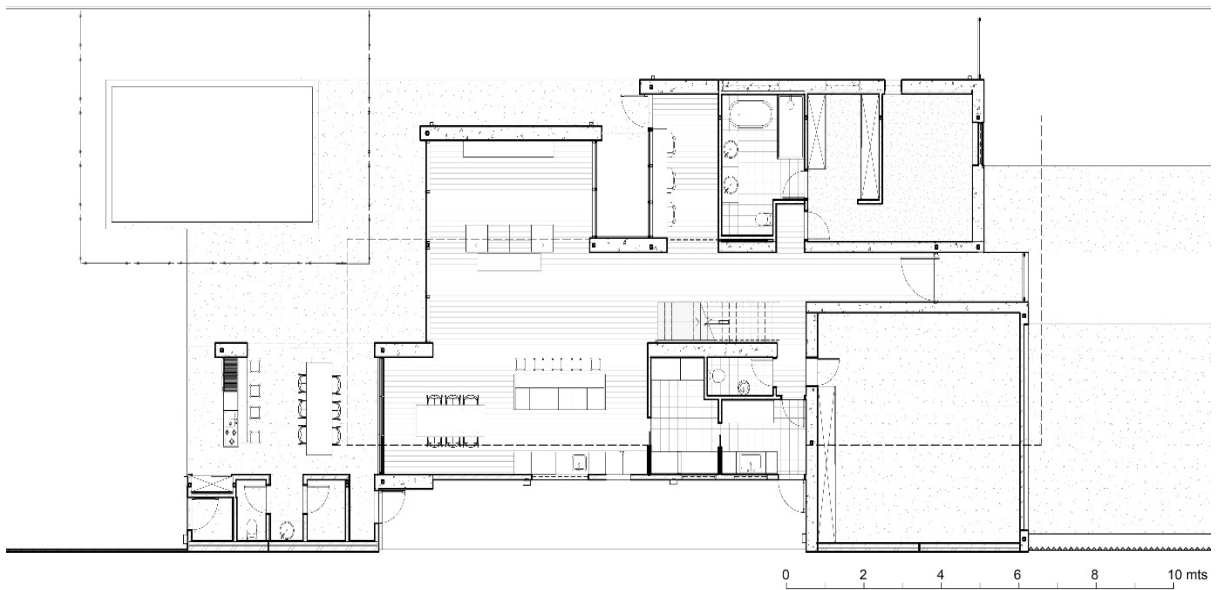


Figura 3 – Planta piso térreo

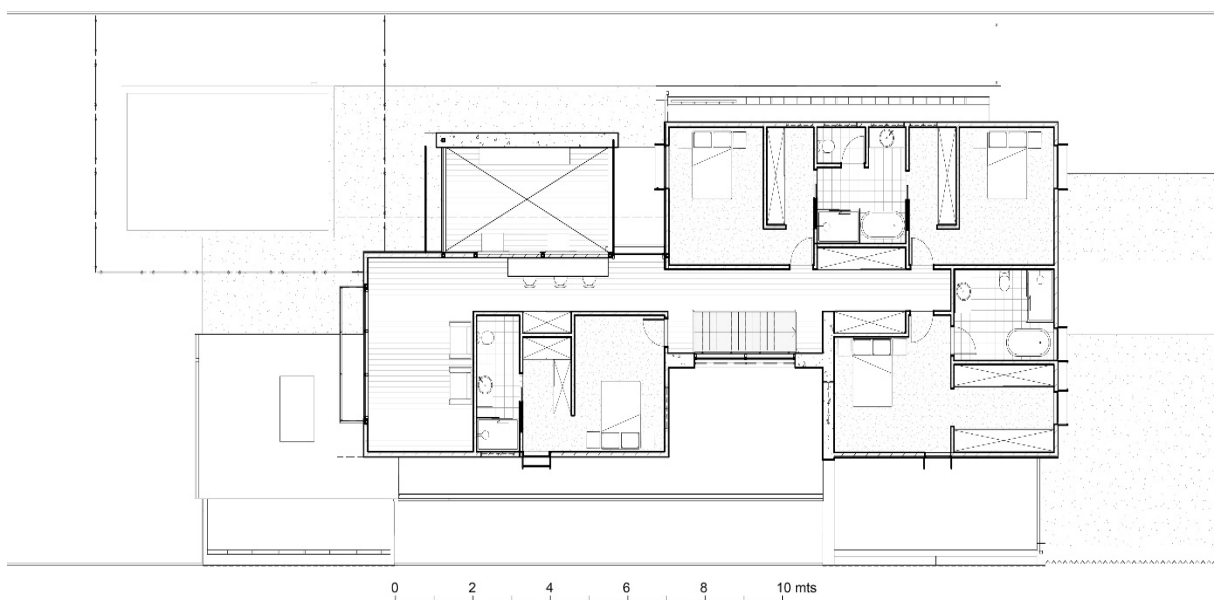


Figura 4 – Planta pavimento superior

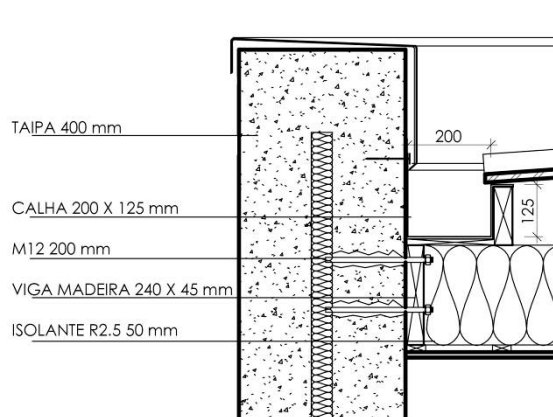


Figura 5 – Detalhes de conexão estrutural de telhado

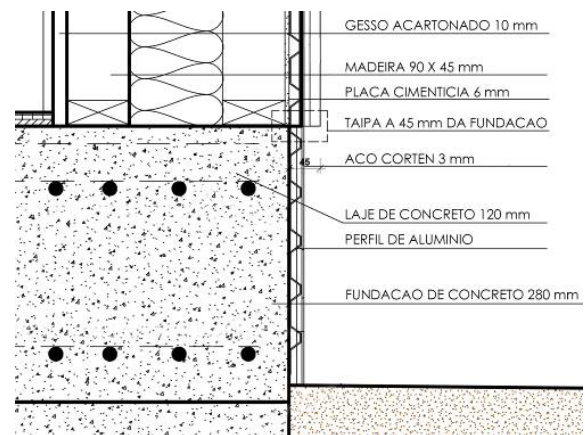


Figura 6 – Detalhe da fundação de concreto com a taipa a 45 mm da face do concreto

Execução

A fundação da residência é executada em radier, com vigas baldrames de 60 cm nas extremidades, onde se encontram as paredes de taipa de pilão, e 30 cm na junção com a estrutura do piso em madeira existente. Baldrames de 110mm nas duas direções formam vãos de 11,90 x 11,90 m. Desta forma, após a execução, tem-se uma estrutura de piso rígido acabado como um contrapiso para aplicação de tábuas de madeira, carpete ou azulejos.

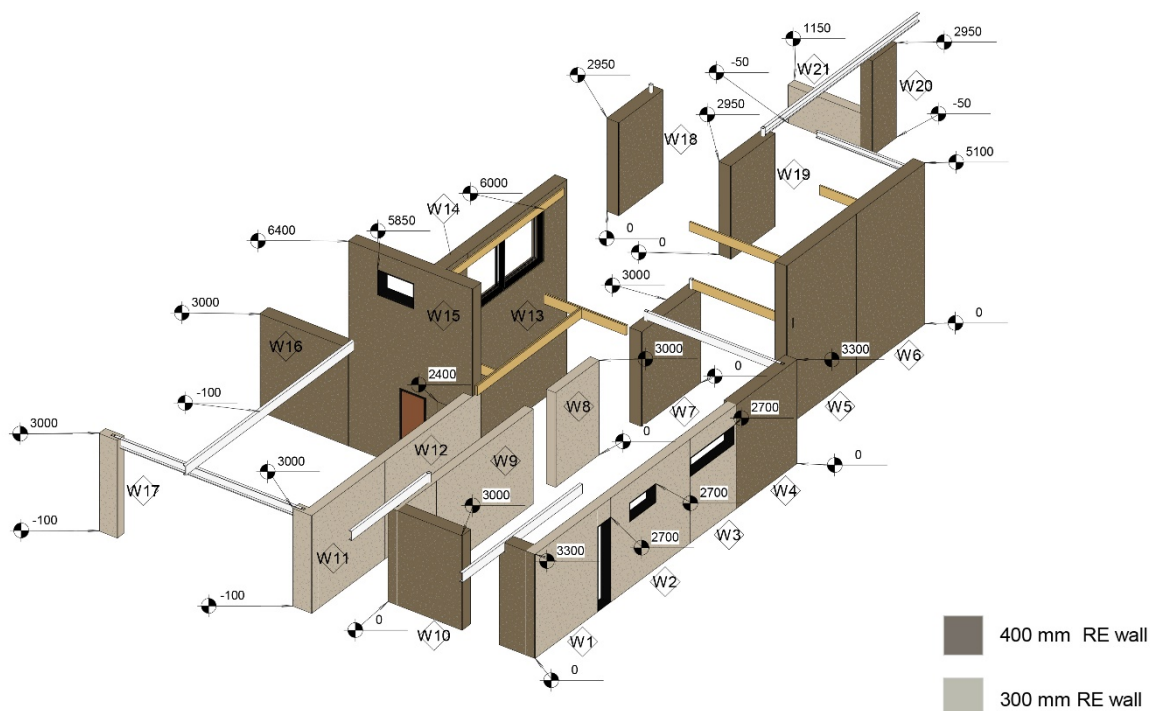


Figura 7 – Perspectiva isométrica das paredes de taipa de pilão e estruturas complementares

De maneira simplificada, a execução da taipa de pilão pode ser descrita em duas etapas. Na primeira, faz-se a montagem das formas para todo o material de preenchimento ser colocado em camadas, que serão apiloadas com altura de 20 centímetros sucessivamente até atingir a altura final da parede. A altura das camadas, evidente na face da parede pronta,

define a quantidade de linhas de compactação. A segunda etapa ocorre, geralmente no dia seguinte, após a retirada das formas, denominada “desforma”, em que marca o início do processo de cura da parede. Após esta última etapa, não há a necessidade de fazer qualquer acabamento nas paredes, apesar de se considerar a aplicação de duas demãos de hidrofugante transparente em suas faces acabadas.



Figura 8 – Entrada da residência em obra

Sobre a obtenção do material de construção, quando se trata da terra, é importante pontuar que não se restringe apenas àquela disponível no canteiro de obras. Na Austrália, os fornecedores de solo e agregados para a construção da taipa de pilão, são geralmente os que fornecem material para pavimentação de vias e rodovias. Essas empresas fornecem diferentes tipos de agregados, geralmente tipos de cascalho, sedimentos de rochas, barro arenoso e argiloso com diversas granulometrias, além de triturarem e reutilizarem concreto e tijolos maciços. A diversidade e disponibilidade de solos e agregados são fundamentais para a produção e difusão das paredes de taipa de pilão.

A escolha de materiais e acabamentos foram selecionados de acordo com o baixo impacto ambiental e manutenção necessária ao longo do tempo. A escolha do uso da madeira e a terra não só enquadram nesses dois elementos como também atuam no isolamento térmico da residência, assim, requerendo o mínimo de climatização artificial.



Figura 9 – Vista do escritório e jardim externo



Figura 10 – Execução do forro externo



Figura 11 – Execução do forro interno



Figura 12 – Execução do gesso acartonado

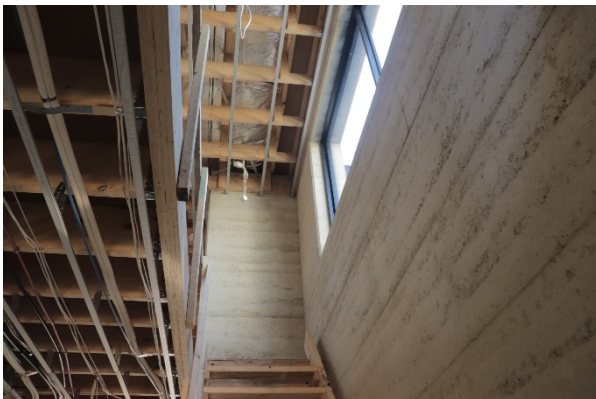


Figura 13 – Vista do vão da escada



Figura 14 – Vista da área de lazer externa



Figura 15 – Estrutura metálica da escada



Figura 16 – Viga de madeira aparafusada na taipa



Figura 17 – Bancada de concreto na taipa



Figura 18 – Caixilho de alumínio na taipa



Figura 19 – Quadro de energia inserido na face externa da taipa

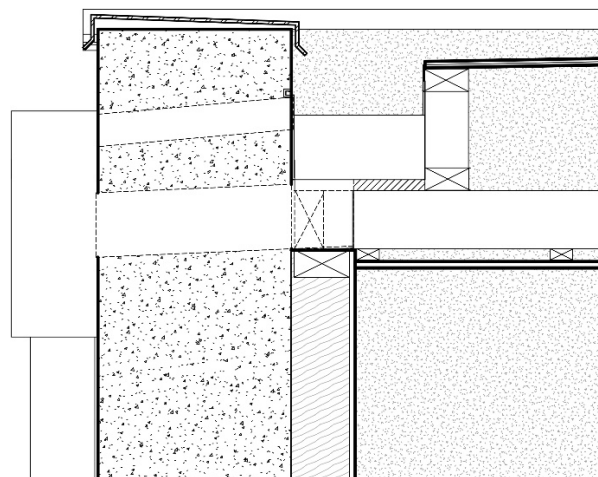


Figura 20 – Detalhe da saída de águas pluviais na taipa

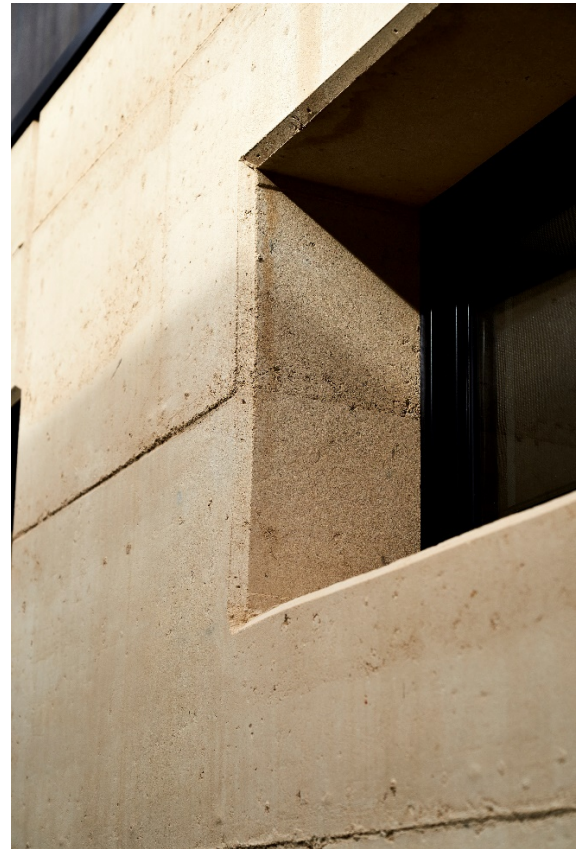


Figura 21 – Detalhes da face acabada da taipa e posicionamento de esquadrias



Figura 22 – Detalhes de acabamentos externos com a taipa



Figura 23 – Detalhes de acabamentos internos com a taipa



Figura 24 – Detalhes da taipa em ambientes internos



Figura 25 – Vista posterior da residência ao Oeste



Figura 26 – Vista frontal da residência ao Leste



Rodrigo Amaral Rocha

rodrigo@earthhouseaustralia.com.au

Goiano, arquiteto e construtor, formado pela Associação de Ensino de Arquitetura e Urbanismo de São Paulo – Escola da Cidade em 2011, com intercâmbio universitário na Universidade de Los Andes, Bogotá, Colômbia em 2010. Possui formação complementar em permacultura, PDC realizado na UNESP em Botucatu em 2011. Trabalhou dois anos com *Steffen Welsch architects*, um escritório focado em arquitetura sustentável residencial. Foi coordenador de obras de taipa de pilão na *Olnee Constructions* por quatro anos. Realizou obras e projetos com o uso da terra como principal material de construção, assim como bambu e madeira, principalmente no interior de Goiás. Atua como arquiteto projetista na *Earth House Australia*, criada para projetar e construir edifícios sustentáveis utilizando a taipa de pilão como técnica principal de construção.

FICHA TÉCNICA

CASA KANOWNA

Residência Unifamiliar

Local: Melbourne, Austrália

Data de início do projeto: 2018

Data da conclusão da obra: 2021

Área do terreno: 700m²

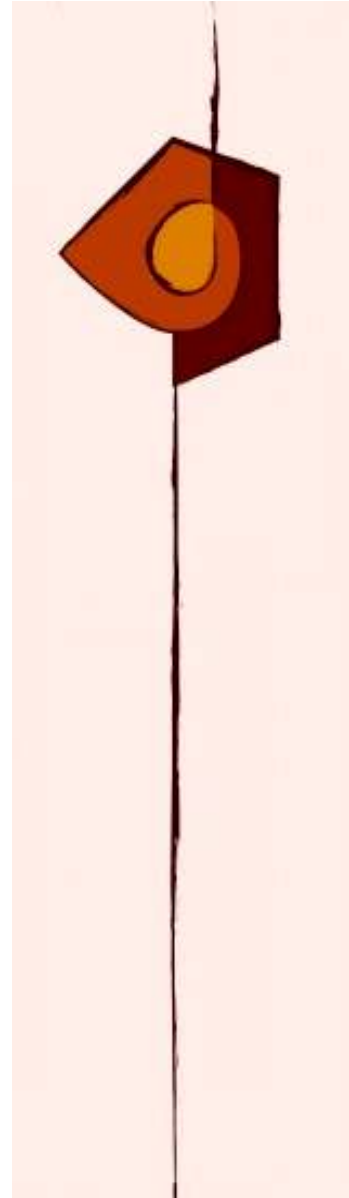
Área construída: 440m²

Arquitetura: Rodrigo Rocha

Construção: Earth House Australia

Estrutura: Olnee Constructions

Fotos: Jarrod Barnes Photography



Pôsteres

O evento contou com um espaço e um tempo definido para a exposição de pôsteres, produzidos por profissionais, instituições, estudantes, organizações sociais ou comunitárias que têm desenvolvido pesquisas ou realizado práticas que evidenciam formas de melhoramento, aplicação, impacto ou contribuição para as técnicas e materiais construtivos com terra, assim como formas de gestão para sua aplicação.

O conteúdo evidencia o problema e propostas de contribuição. Pode tratar de uma experiência em particular, um caso ou série de casos de estudo ou os resultados de uma pesquisa.

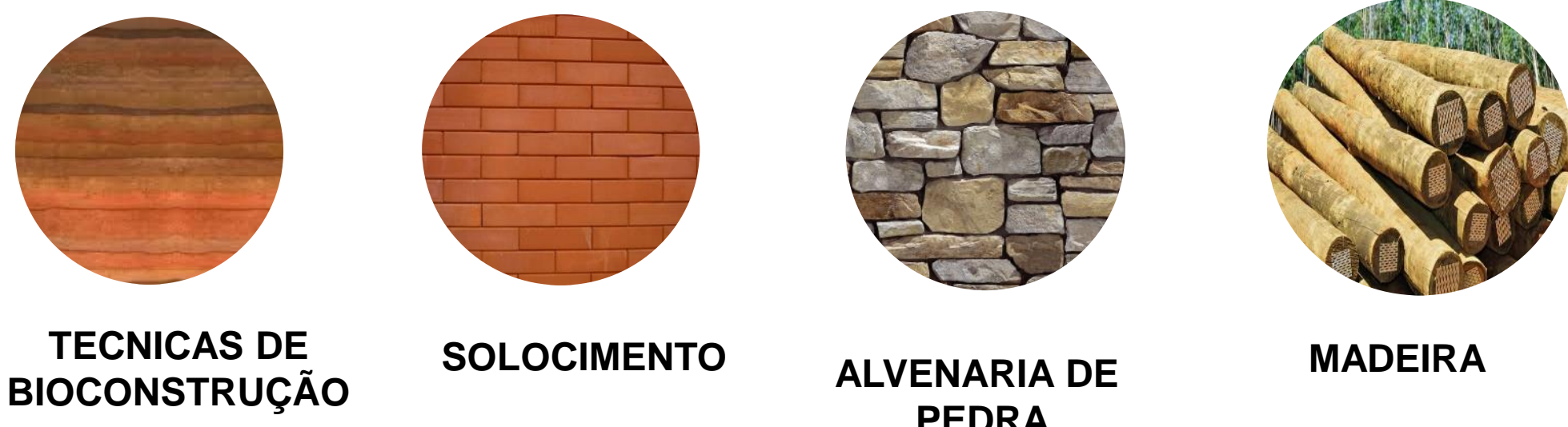
ESCOLA VIVA DE PERMACULTURA

Cássio Alexandre Bariviera, cassio.bariviera@gmail.com

Apresentação

Partindo de uma nova percepção acerca das atividades que podem ocorrer no meio rural para além da produção agrícola, da emergência de modelos produtivos em harmonia com a natureza, das tecnologias construtivas sustentáveis e de uma busca de maior conexão com a natureza, este trabalho de conclusão de curso propõe a implantação de uma Escola de Permacultura em uma propriedade rural do município de Gaurama, no norte do Rio Grande do Sul. Uma escola aberta à comunidade e voltada à promoção e à disseminação de técnicas e tecnologias produtivas e construtivas, atuando como um vetor para a promoção da vitalidade no meio rural, incentivando e recuperando as dinâmicas territoriais, a geração de renda e também o resgate e a valorização de saberes tácitos e ancestrais.

Materiais



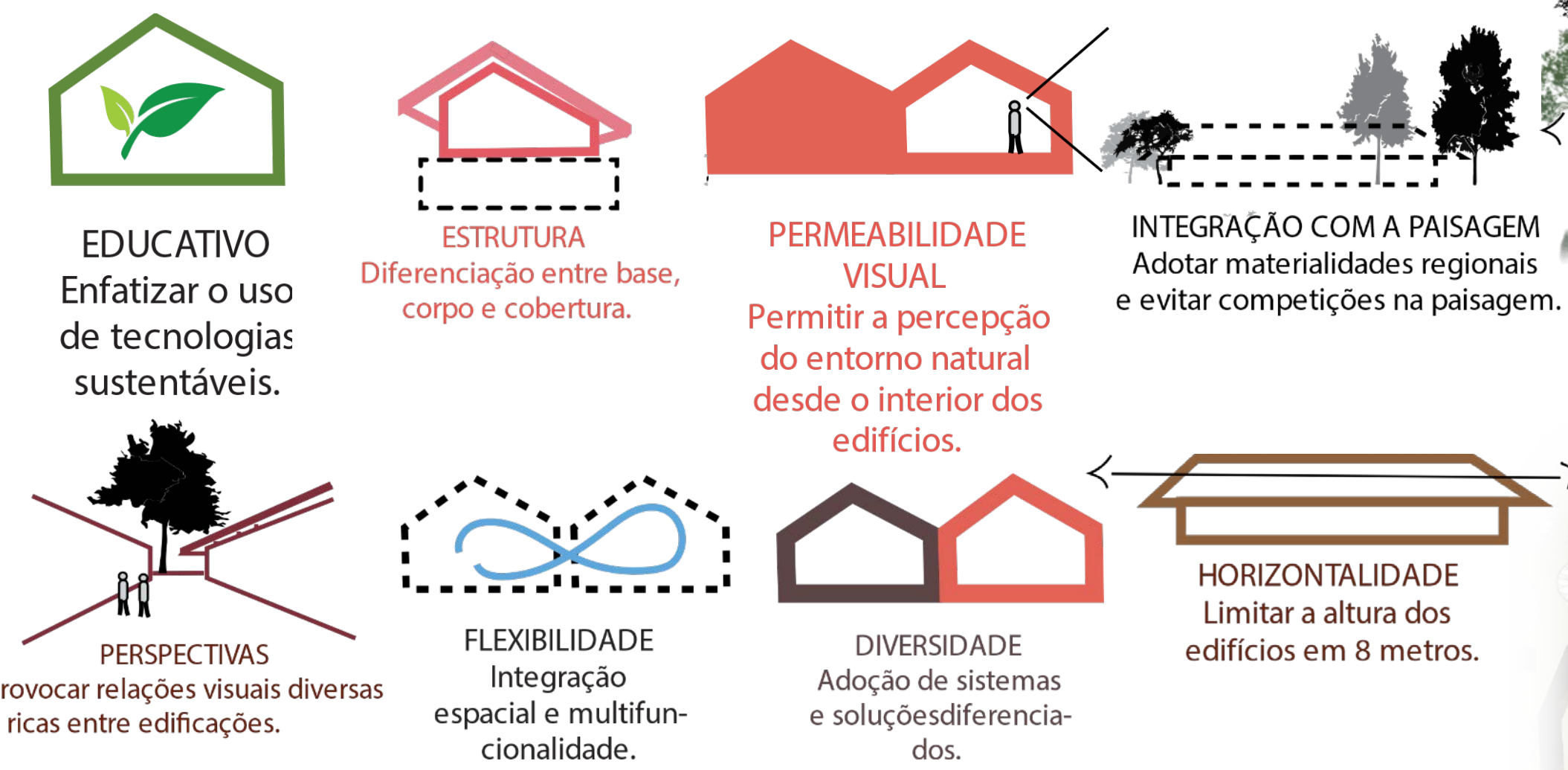
TECNICAS DE BIOCONSTRUÇÃO

SOLOCIMENTO

ALVENARIA DE PEDRA

MADEIRA

Diretrizes Arquitetônicas



CASA DENTE DE LEÃO – ALIMENTAÇÃO SAUDÁVEL
Capacidade para 100 pessoas – alimentação orgânica, atendimentos aos hóspedes e comunidade externa.



CASA MATE – PONTO DE ENCONTROS
Capacidade para 300 pessoas – salão de eventos, reuniões, congressos, alugueis para público externo



Conceito

Viver orgânico é adotado como elemento gerador de sete diretrizes para o projeto, refletidas nas vivências, na alimentação saudável, no desenvolvimento da consciência, na conexão com a natureza, nas práticas educativas e nas relações de trabalho.

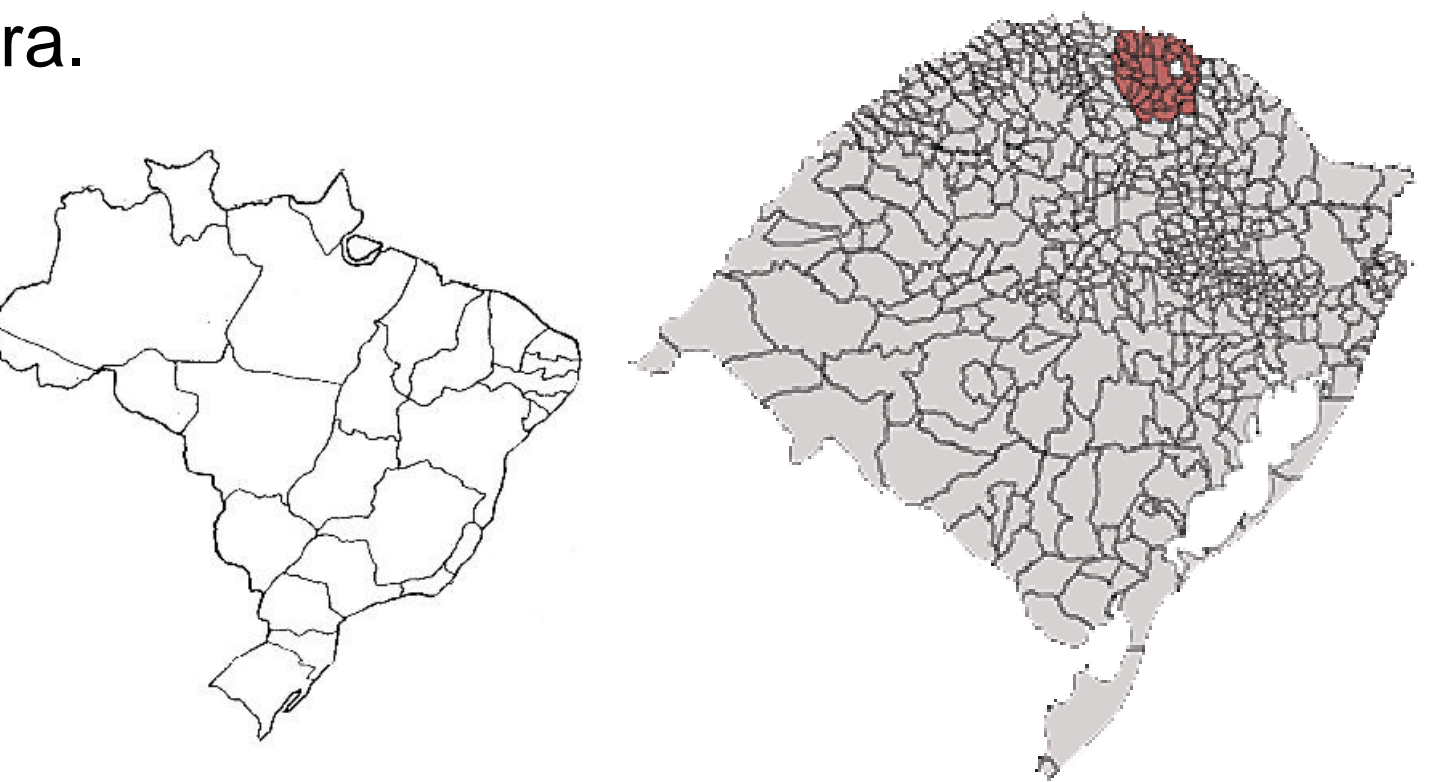


CASA SÁLVIA – PURIFICAÇÃO E EXPANSÃO
Capacidade para 30 pessoas – terapias holísticas, rituais, meditação, autoconhecimento, yoga, cursos e vivências



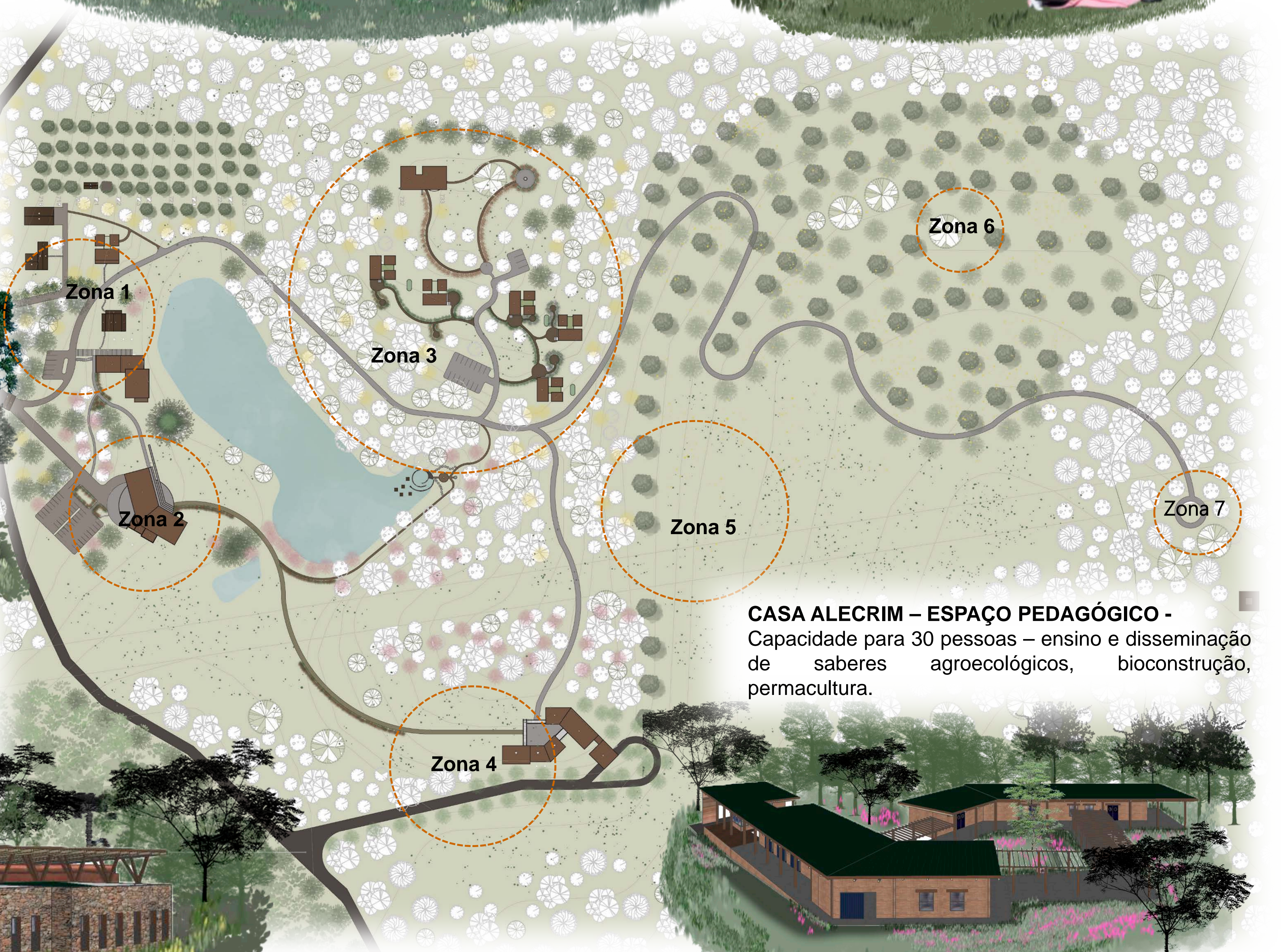
CASA TXAI - COLETIVIDADE

Capacidade para até 6 pessoas por cabana – hospedagem e vida



Agricultura Familiar

O Alto Uruguai gaúcho, região onde se localiza o município deste estudo, é caracterizado por um tipo de ocupação voltada a agricultura familiar, com pequenas propriedades de até 50 hectares. Atualmente a população do Município de Gaurama gira em torno de 5.862 habitantes e a economia do município gira precisamente em torno da prestação de serviços e da agricultura.



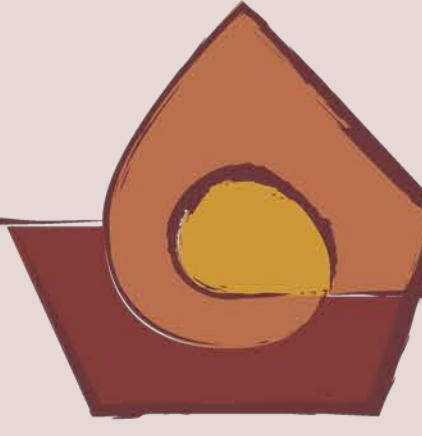
CASA ALECRIM – ESPAÇO PEDAGÓGICO
Capacidade para 30 pessoas – ensino e disseminação de saberes agroecológicos, bioconstrução, permacultura.



Legenda de zonas

- Zona 1 – Residencial / Produção de Laranjas/ Criação de ovelhas e cavalos
- Zona 2 – Alimentação e eventos
- Zona 3 – Hospedagem e autoconhecimento/ rituais na natureza
- Zonas 4 e 5 – Canteiro de experimentação – bioconstrução e área de produção agroecológica
- Zona 6 - Agrofloresta
- Zona 7 - Preservação e ecoturismo / Rota das cachoeiras e santuário dos xaxins

Referência Bibliográfica: BARIVIERA, Cássio Alexandre. **Escola viva de permacultura**. 2017. 8 f. TCC (Graduação) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal da Fronteira Sul, Erechim, 2017. Disponível em: <https://rd.ufes.edu.br/handle/prefix/4277>. Acesso em: 25 ago. 2021.



T.F.G. DESIGN PERMACULTURAL DA ECOVILA PÉ NO CHÃO EM INDAIAL (SC)

Beatriz Cristina Horongoso; Guido Paulo Kaestner Neto
 bhorongoso@gmail.com; guido_kaestner@yahoo.com.br

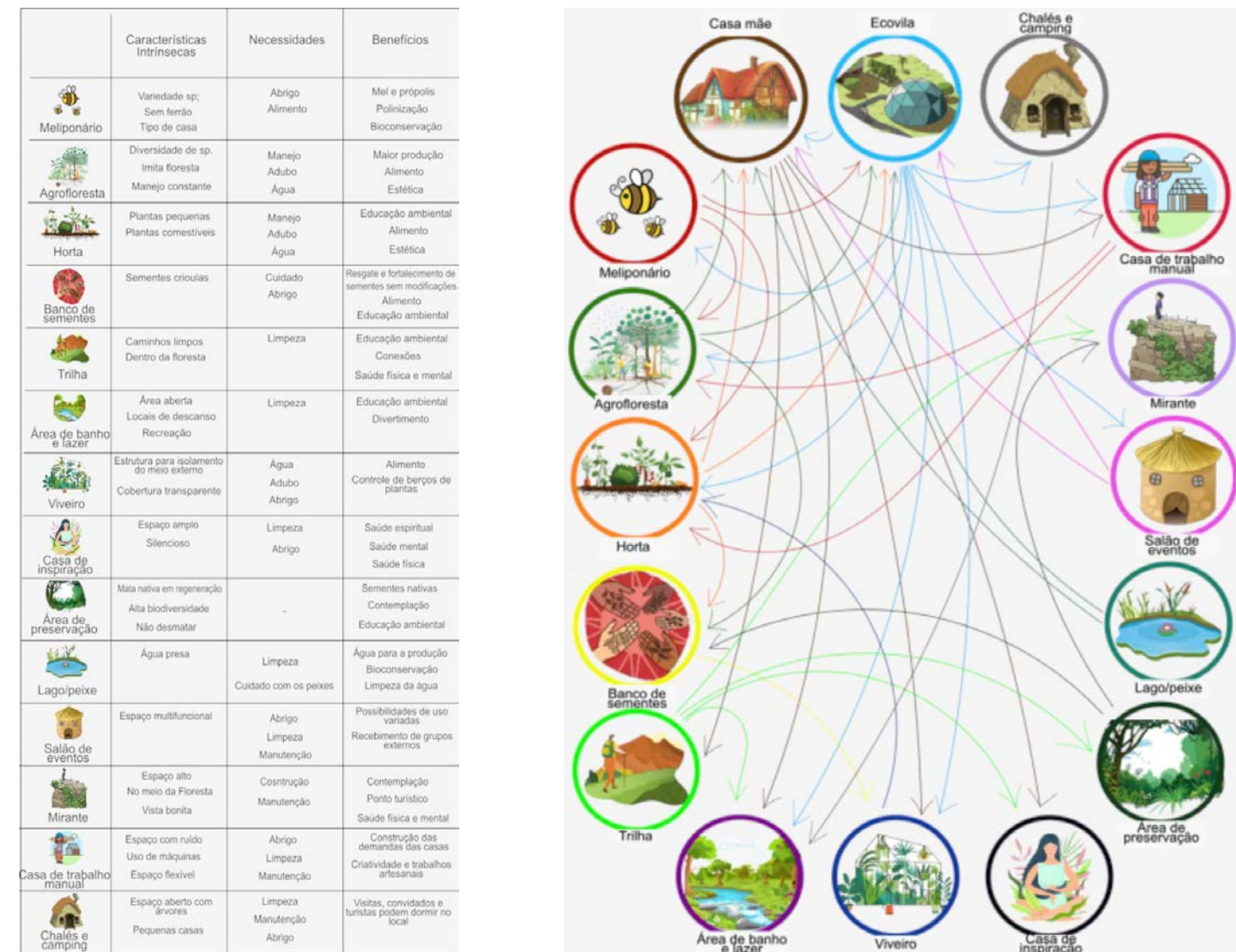
Objetivo

O objetivo geral deste trabalho final de graduação foi a análise e o desenvolvimento de conceitos de permacultura aplicados a soluções de formas de habitar e de planejar as cidades. Especificamente a proposta foi projetar a ecovila Pé no Chão em Indaial (SC) e, integrado ao terreno, também projetar a nova sede para o já existente Instituto de Permacultura Vale do Itajaí (IPEVI) utilizando os conceitos de permacultura e sustentabilidade, assim como promover uma visão sistêmica de design no planejamento de habitações, de formas de ocupação e de cidades mais sustentáveis.

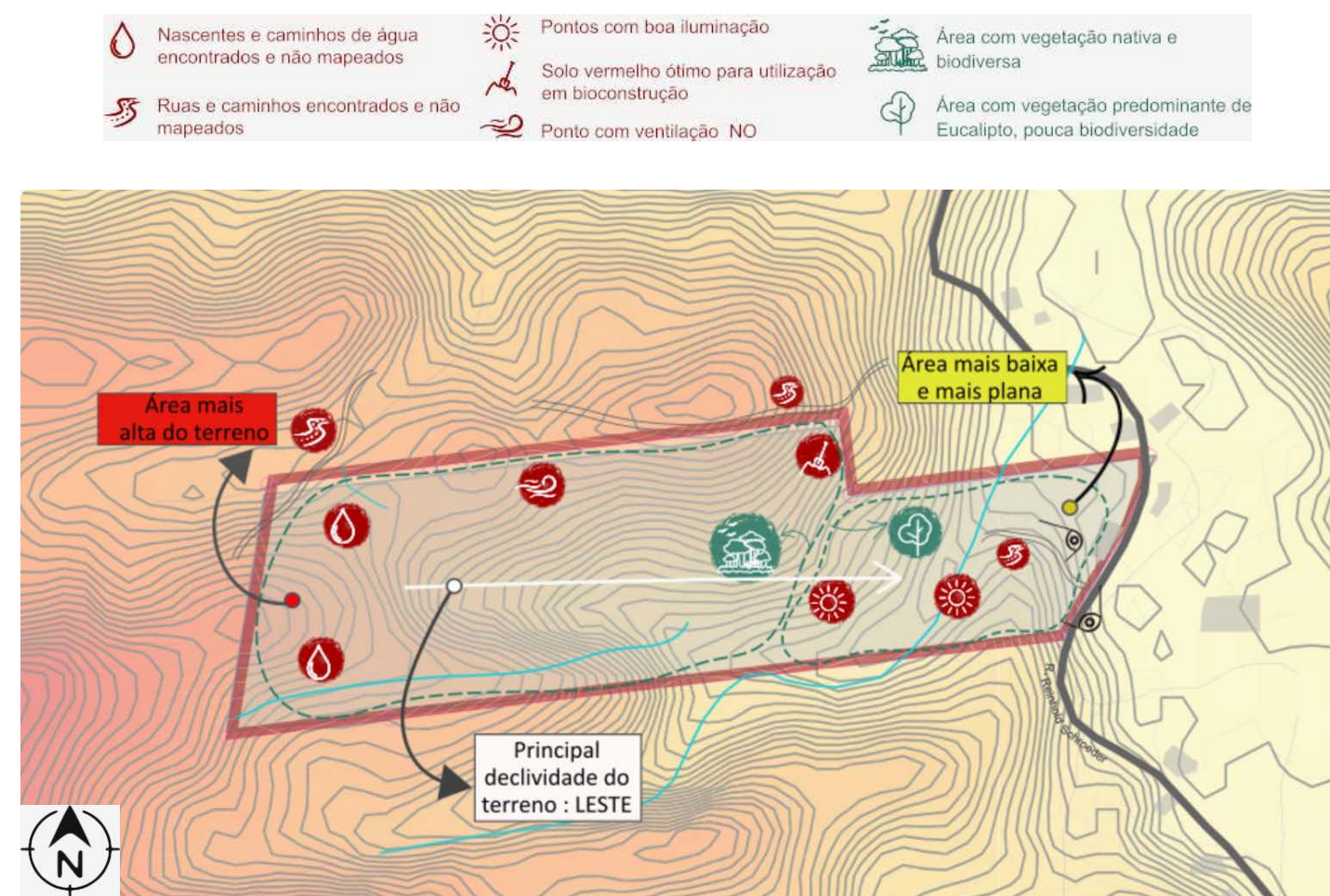
Metodologia Permacultural

A metodologia da parte prática projetual do trabalho foi baseada na metodologia permacultural, em que são feitos os estudos da análise funcional de cada elemento desejado, a leitura de paisagem do terreno e a análise da localização relativa dos elementos — zoneamento energético e análise dos setores.

Análise funcional e fluxo energético dos elementos



Mapa de hipsometria do terreno e identificação de elementos da paisagem.



Setores do terreno



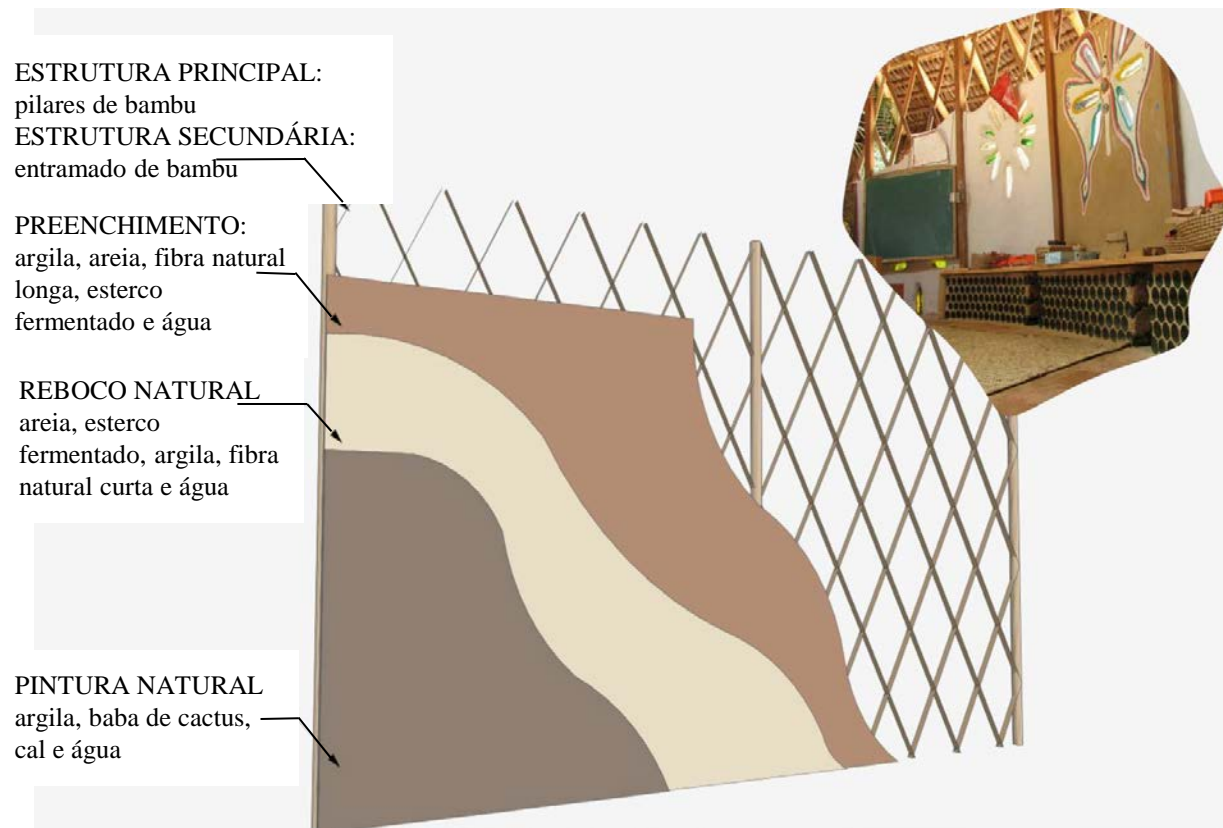
Zoneamento do terreno



Construções

As construções da ecovila e do instituto também se basearam nos princípios da permacultura. Por isso, após a análise da terra, verificação dos materiais locais e do planejamento de prioridades foram estabelecido os sistema construtivos a serem utilizados em cada espaço. As técnicas de bioconstrução selecionadas foram : taipa de mão, cordwood e blocos de palha e terra. Os sistema estruturais escolhidos foram: sistema pilar-viga com telhado em estrutura recíproca e sistema yurt.

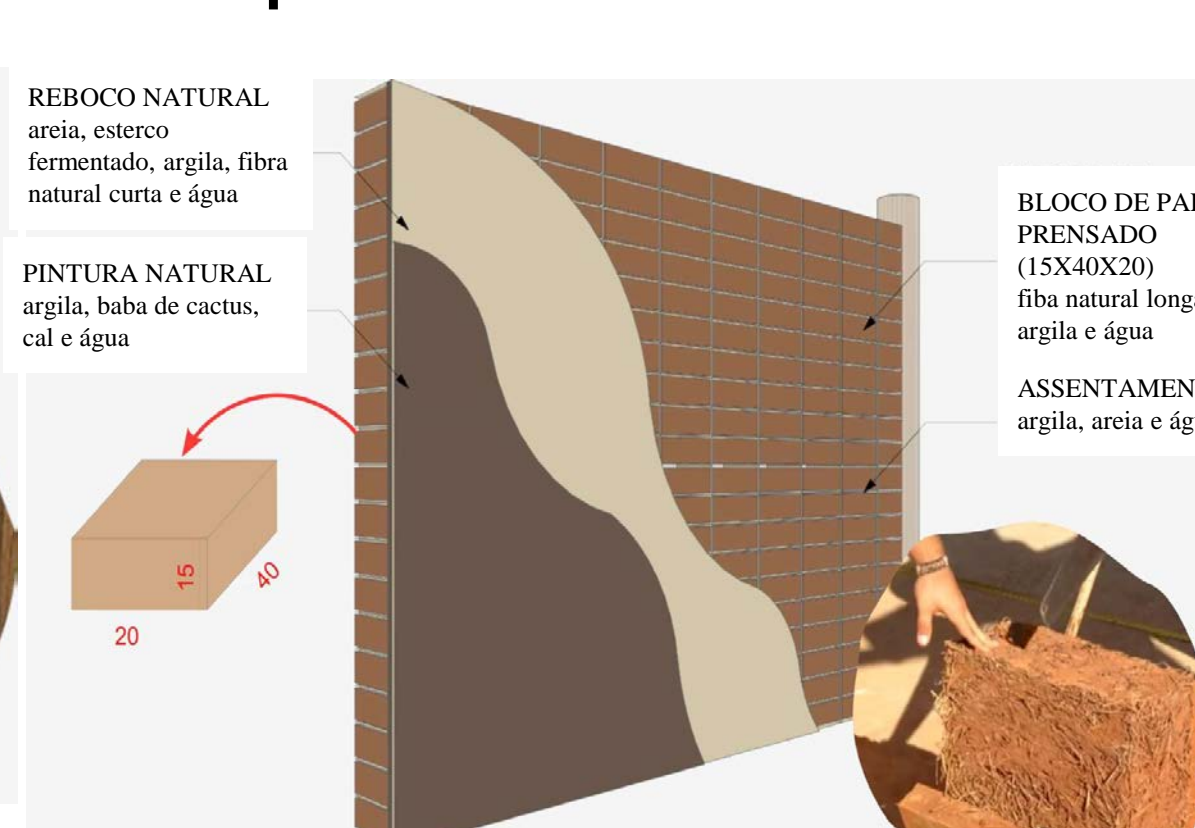
Taipa de mão



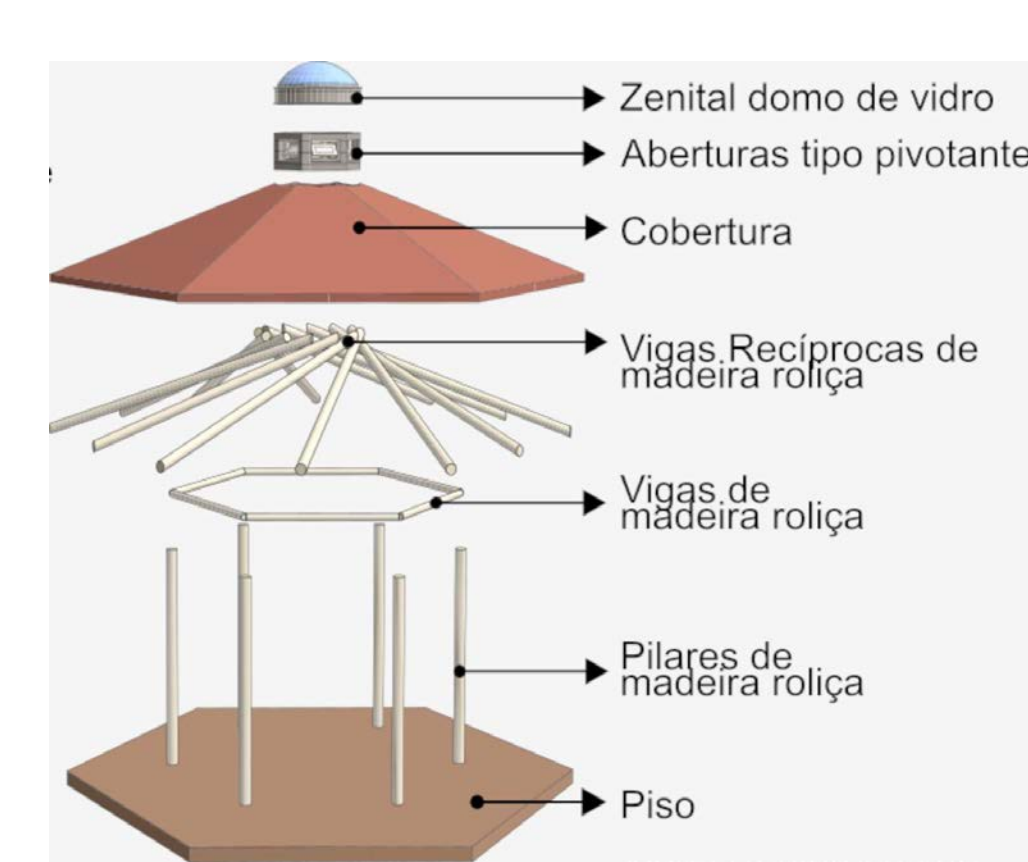
Cordwood



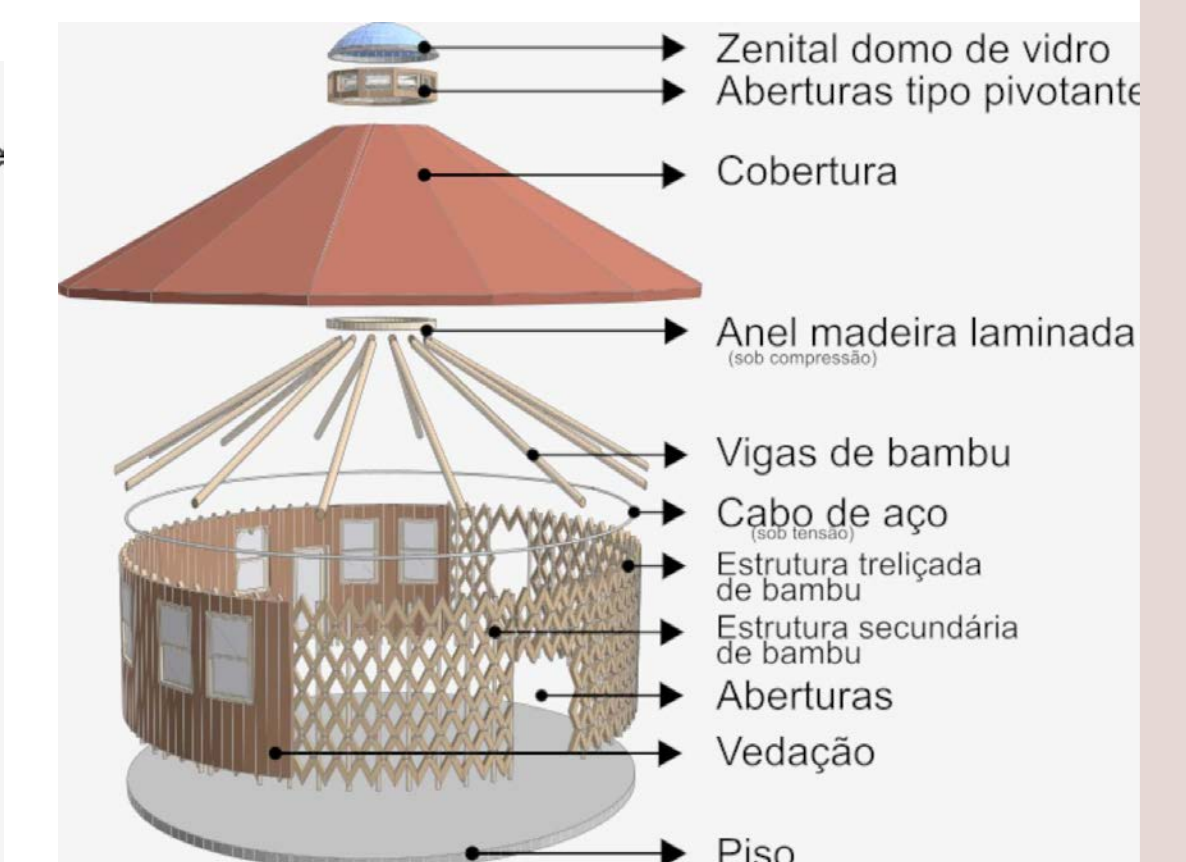
Bloco de palha e barro



Pilar-viga e telhado em estrutura recíproca



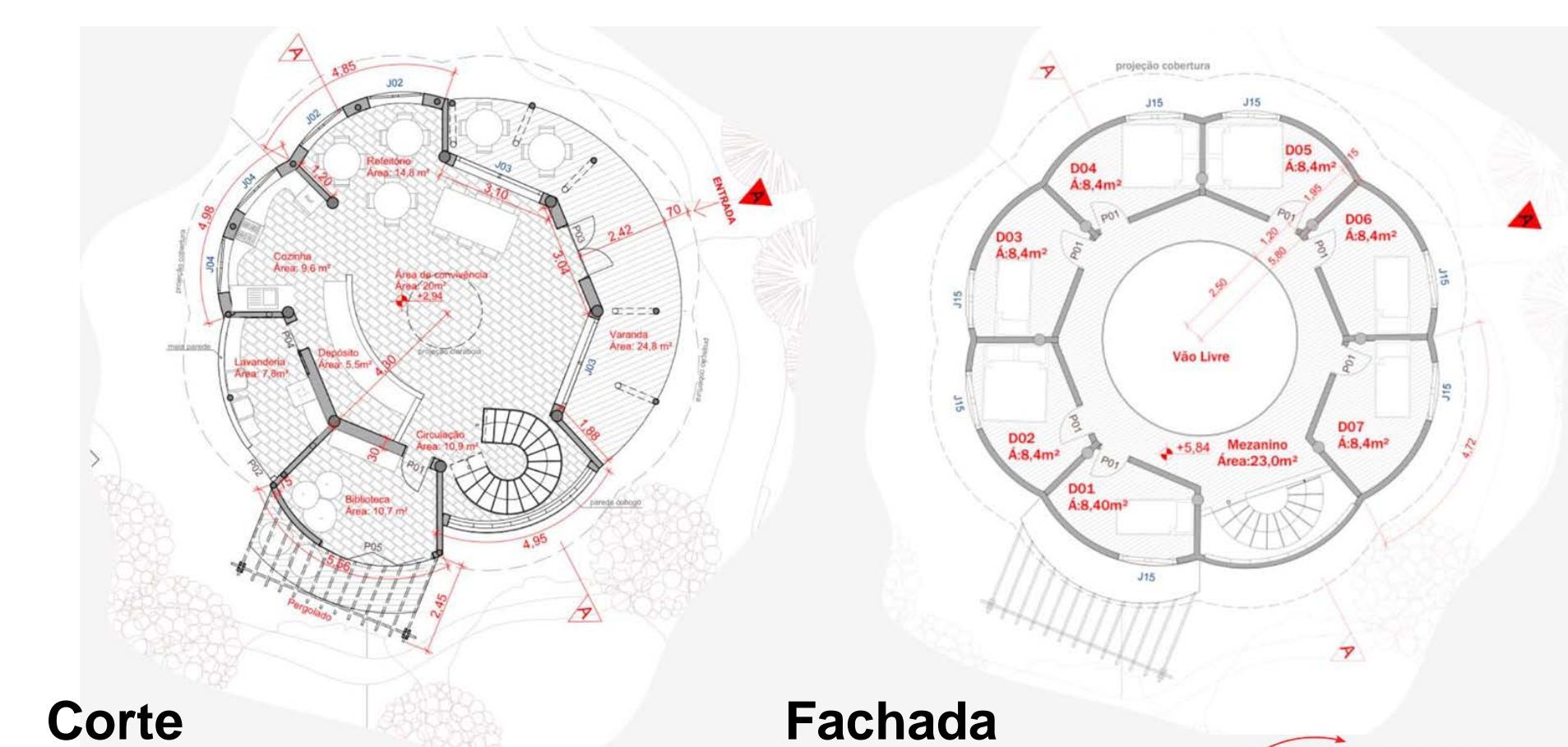
Yurt



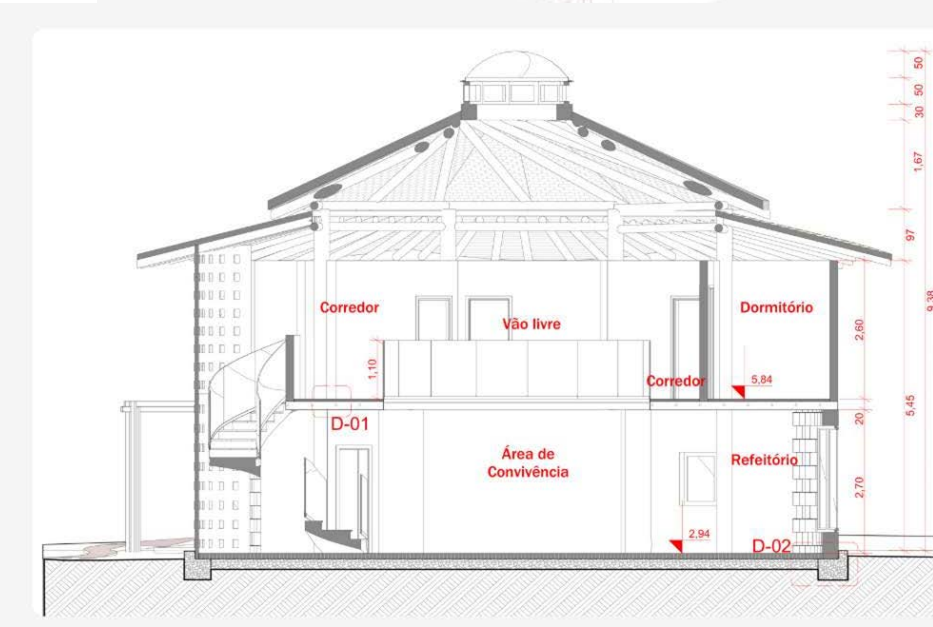
Casa mãe: Sistema pilar-viga com telhado em estrutura recíproca. No piso térreo paredes com blocos de palha e terra; no segundo pavimento a vedação das paredes é com a taipa de mão.

Planta baixa térreo

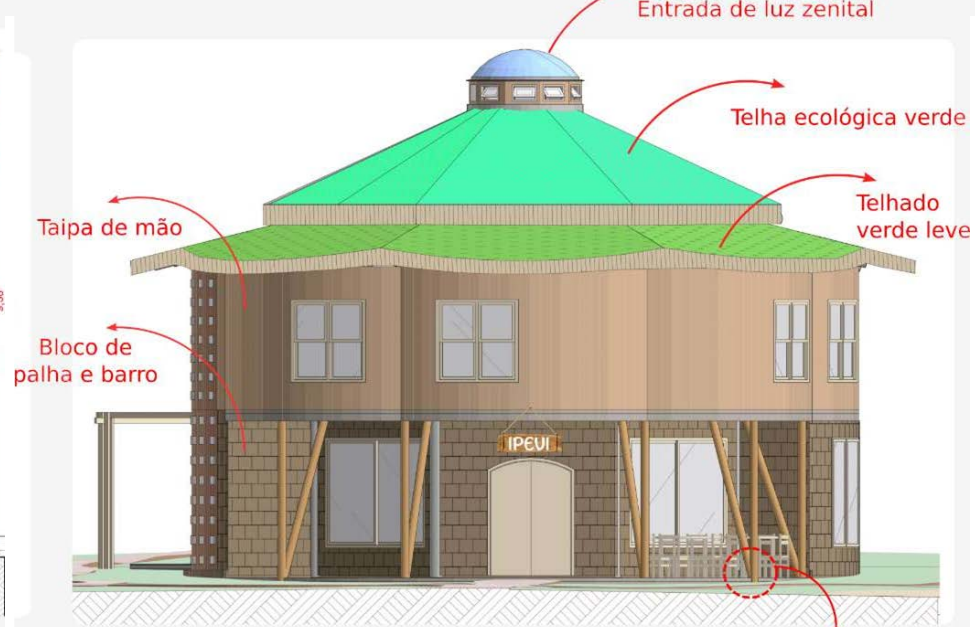
Planta baixa 2º pav.



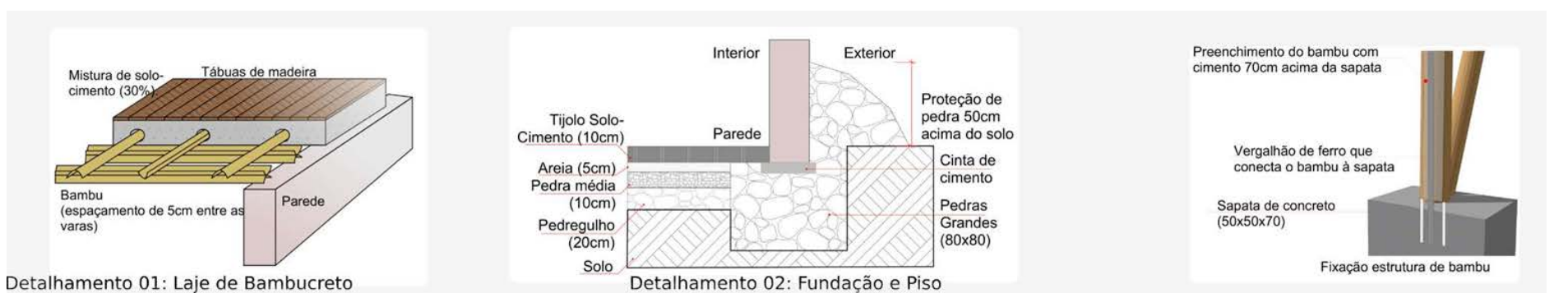
Corte



Fachada

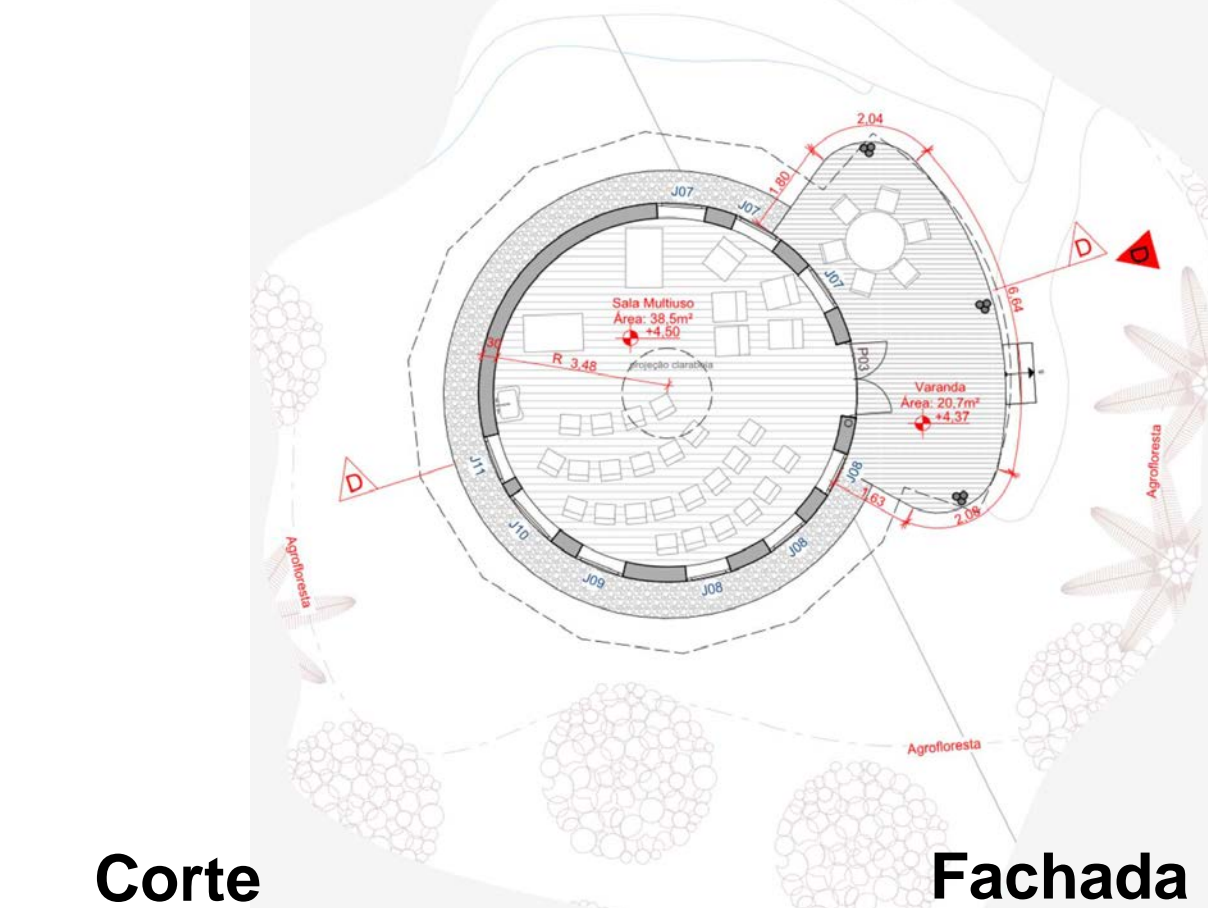


Detalhamentos

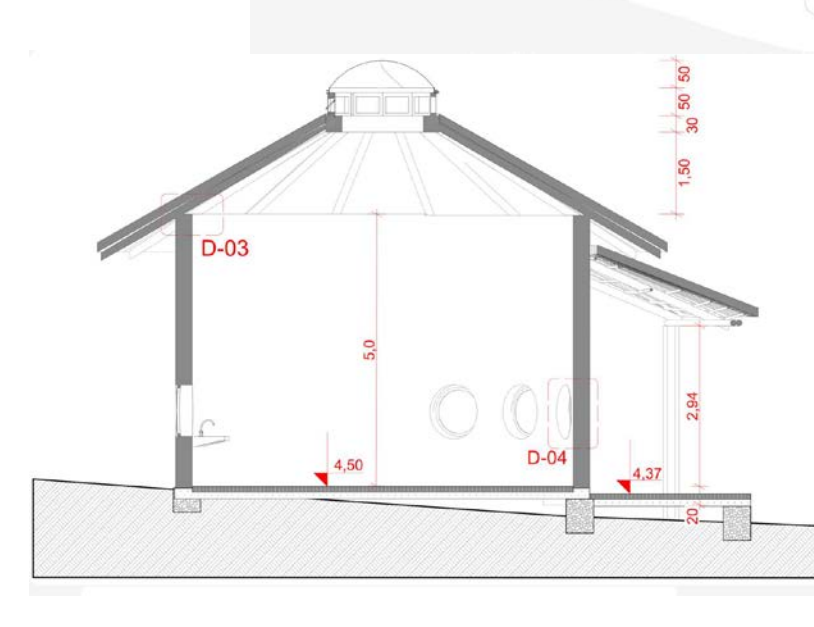


Sala multiuso: Sistema estrutural yurt com a vedação das paredes em taipa de mão. Sistema escolhido pela rapidez de montagem, sendo que essa é uma das primeiras obras a serem feitas.

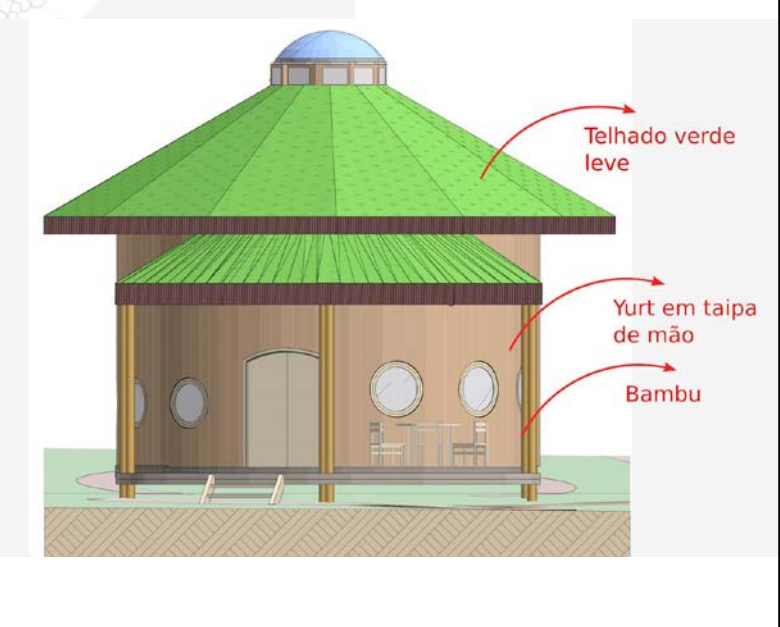
Planta baixa térreo



Corte



Fachada



Detalhamentos

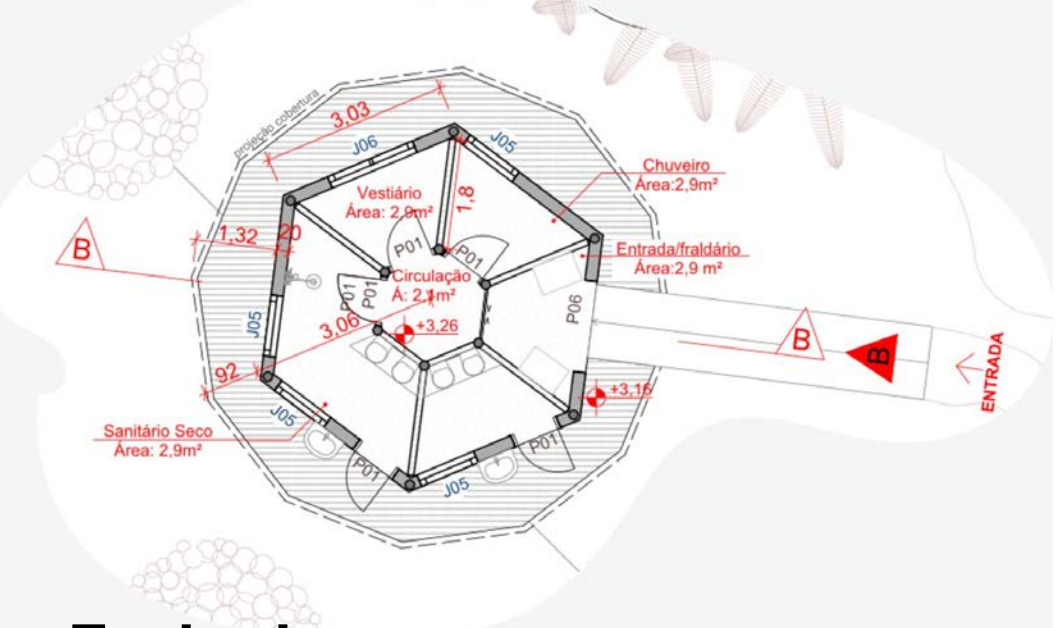


Implantação

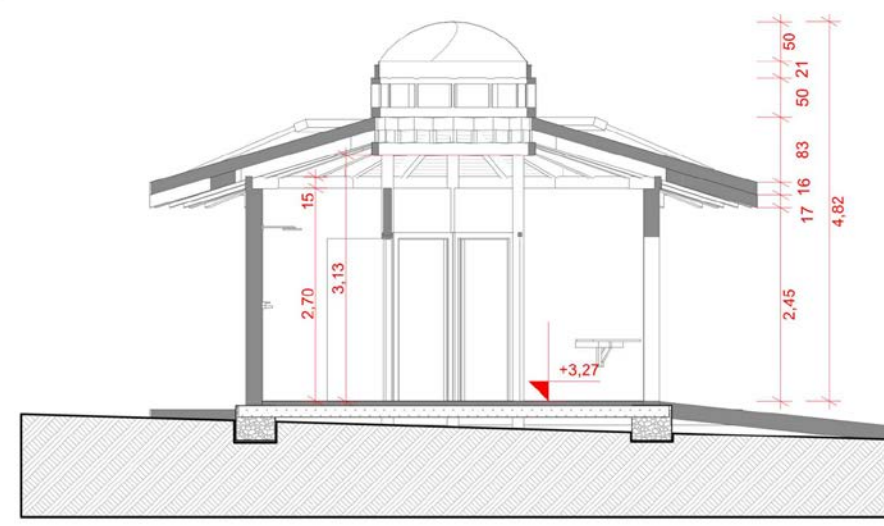


Banheiros: Sistema pilar-viga com o telhado recíproco com a vedação das paredes em cordwood, sendo que há abundância de madeira no sítio. Os banheiros serão as primeiras obras.

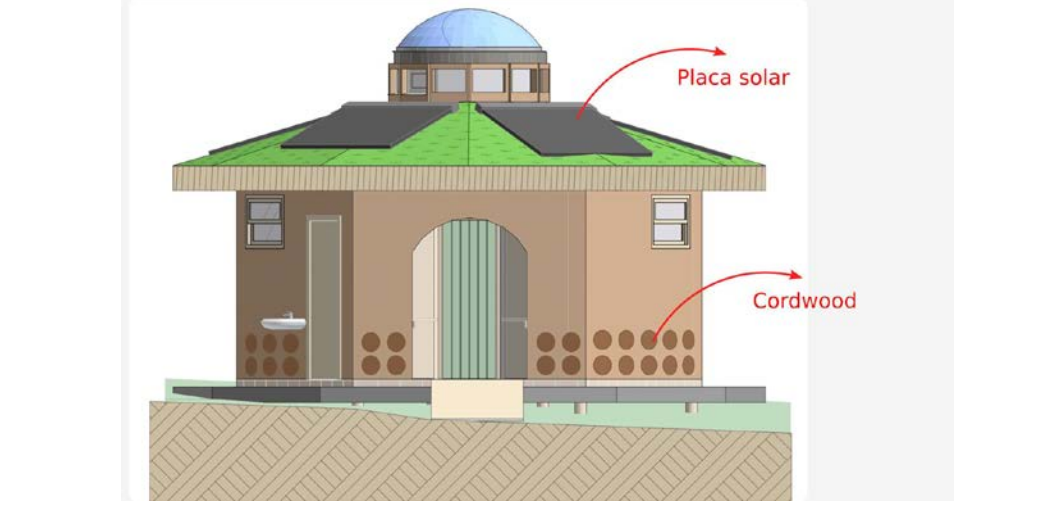
Planta baixa térreo



Corte



Fachada



ESCOLA MONTESSORIANA DE TAIPA DE PILÃO

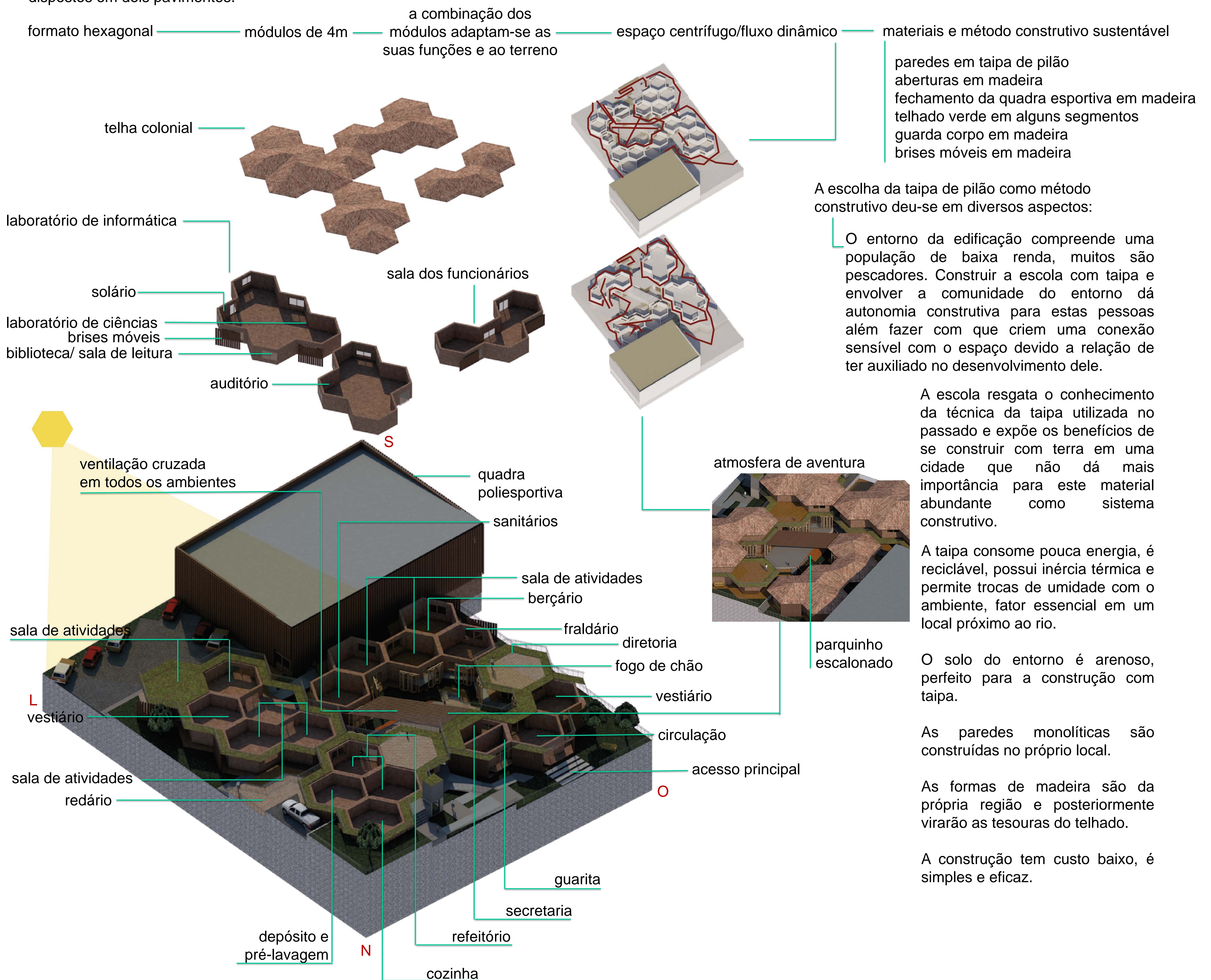
Carolina Salzano Rocha, Maria Alice Corrêa de Oliveira, Olavo Avalone
 carolinasalzanor@gmail.com; maria.correa@acad.ufsm.br; olavo.neto@ufsm.br

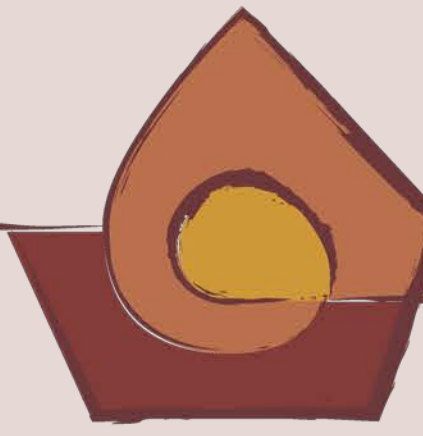
Este trabalho apresenta o projeto desenvolvido na disciplina de Projeto V do curso de Arquitetura e Urbanismo da UFSM/Campus de Cachoeira do Sul. A disciplina foi elaborada no sistema REDE (Regime de Exercícios Domiciliares Especiais) no segundo semestre de 2020. O projeto elaborado busca contemplar um equipamento urbano de educação, com particularidades de uma escola Montessoriana – no qual o ato de educar vai além da transmissão de conteúdos, sendo assim uma oportunidade para amadurecimento social, cognitivo, emocional e cultural. Esse método conta com ambientes preparados e destinados aos seus estudantes - respondendo às necessidades e condicionantes com soluções conceituais, formais, funcionais e técnicas com intuito de qualificar o contexto físico, ambiental, social e cultural.

Apresentação do partido

Escola Montessoriana - Cachoeira do Sul/RS - Próxima ao Rio Jacuí

A proposta se define diante da escolha dos materiais e do formato das salas. A disposição espacial busca um ambiente acolhedor aos 80 estudantes, dado pelo seu dinamismo bem como pela seleção de materiais naturais. Um fator determinante da implantação dos núcleos no terreno foi a relação com o exterior, fazendo com que a maior parte das paredes se relacionasse com o pátio ou entorno do terreno. A circulação principal entre os núcleos é composta pelos beirais das coberturas juntamente com os fechamentos em portas camarão, o que garante o encerramento total para tal ao passo que possibilita abertura do todo, oportunizando passagem da ventilação, iluminação natural e relações visuais. O programa recebe crianças de seis meses a 12 anos e é setorizado em: auditório, sala de funcionários, solário, estufa, biblioteca, laboratórios, horta, refeitório, cozinha para abastecer o refeitório, cozinha para os alunos prepararem alimentos, salas de atividades/salas de aula, berçário e fraldário, dispostos em dois pavimentos.





OTRAS FORMAS DE TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA EN TIEMPOS DE PANDEMIA

Andrea Jaramillo Benavides, Lucía Esperanza Garzón
andrea.jaramillo@lkiam.edu.ec; luciagarzon@gmail.com

La bioconstrucción se aprende en la práctica; no obstante, durante el último año, la época de confinamiento resultante de la pandemia presentó nuevos escenarios a los cuales se debe adaptar para poder continuar.

Fase de aprendizaje

A mediados de 2021, la arquitecta Lucía Garzón en sociedad con la Escuela Radical ofertaron en línea el primer módulo del curso “Dialogando con la Tierra”, enfocado en bioarquitectura y técnicas de construcción con tierra.

En el módulo, realizado por medio de la plataforma Zoom y con apoyo de la plataforma Moodle, fueron abordados de manera teórica varios temas como: vida consciente, el territorio, la geobiología, construcción ecológica, gestión de energía

y residuos, estabilidad de la construcción ante diferentes situaciones, materiales de construcción y salud, laboratorio de suelos, componentes constructivos, cubiertas autoportantes, entre otros.

Durante el curso, la metodología desarrollada implicó el desarrollo de actividades prácticas en casa, que permitieron tener contacto con el material y entender la complejidad de las técnicas constructivas.

Cada participante realizó el laboratorio casero de suelos, elaboró los moldes para fabricar adobes a escala 1:10, con los que construyó maquetas de bóvedas y cúpulas, además de la maqueta de un muro de tapial y el molde para un panel de bahareque.

Todas esas actividades guiadas por la arquitecta Lucía Garzón, quien explicó la correcta aplicación de la tierra en cada caso.

Algunas de las actividades prácticas desarrolladas durante el primer módulo (*online*) del curso Dialogando con la Tierra (crédito: Andrea Jaramillo)



Asimilar y replicar

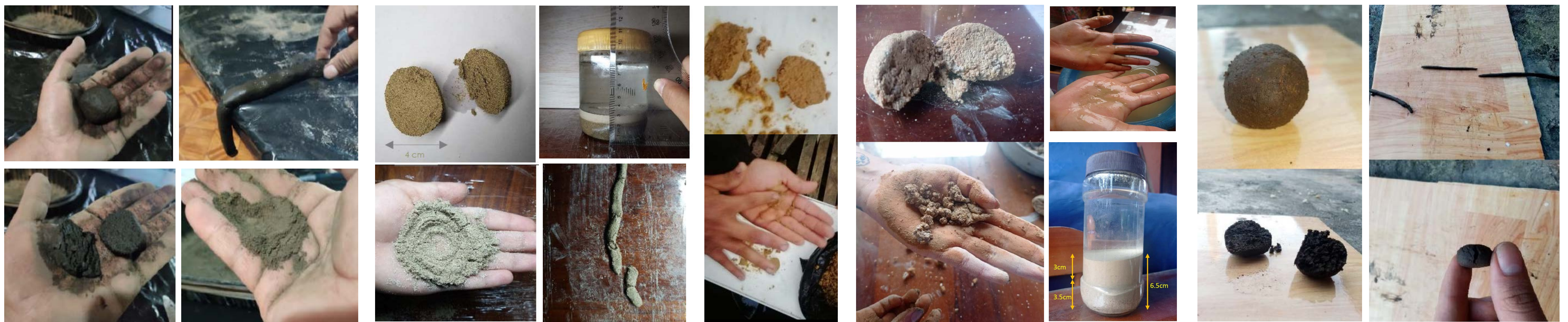
Entre los contenidos de la materia “Tecnología de la construcción 2”, dictada en la carrera de Arquitectura Sostenible de la Universidad Regional Amazónica Ikiam - Ecuador, se aborda la construcción de muros portantes y mamposterías.

Tras participar en el primer módulo del curso Dialogando con la Tierra, se adaptaron algunos contenidos del sílabo, para incluir algunas actividades prácticas y que los estudiantes, a pesar de la virtualidad, puedan realizarlas en sus hogares.

Debido al corto tiempo disponible para la materia (5 semanas) y para el tema de construcción con tierra (1 semana), como complemento a los contenidos teóricos, únicamente se pudo replicar en clase fue la actividad del laboratorio de suelos.

De esa forma, con algunas orientaciones, los estudiantes pudieron realizar y analizar en casa las pruebas del olor, del brillo, de granulometría, del lavado de manos, de mordedura, de sedimentación, del cordón y de la cinta.

Test del laboratorio de suelos casero, realizados por estudiantes de la materia Tecnología de la construcción 2



Fotografías tomadas por estudiantes de la materia Tecnologías de la construcción 2 de la Universidad Regional Amazónica Ikiam

Resultados

En el módulo virtual del curso Dialogando con la Tierra, participaron 15 personas, de 5 países, una de ellas en Ecuador. Gracias a esta coyuntura, se pudo acceder a conocimientos de primera mano, sobre algunas técnicas de construcción con tierra.

De la misma manera, por medio de la educación en línea, modalidad en la que se impartieron las clases del primer semestre 2021 en la carrera de Arquitectura Sostenible de Ikiam, se pudo replicar la actividad práctica del laboratorio de suelos casero, con 29 estudiantes de la materia Tecnologías de la Construcción 2, ubicados en 14 ciudades de Ecuador.

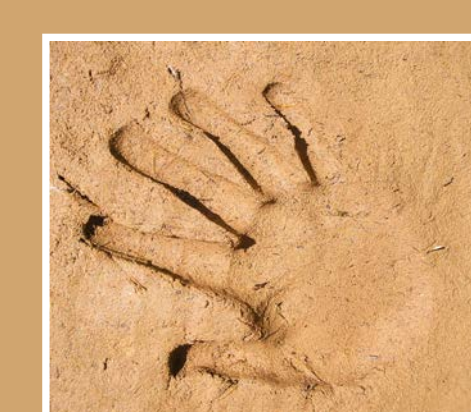
Los estudiantes tuvieron un primer acercamiento práctico al material desde sus hogares y despertando su interés por el uso de la tierra como material de construcción.

Consideraciones Finales

La virtualidad ha permitido que el conocimiento se replique y llegue rápidamente a gente ubicada en diferentes latitudes y que en otras circunstancias no hubiera tenido acceso a aprender sobre este tema. Ha sido una herramienta de aproximación y motivación.

La réplica de actividades prácticas sencillas en una cátedra universitaria fue posible gracias a la disponibilidad del recurso “tierra” y al bajo costo que representa realizar estas actividades en casa.

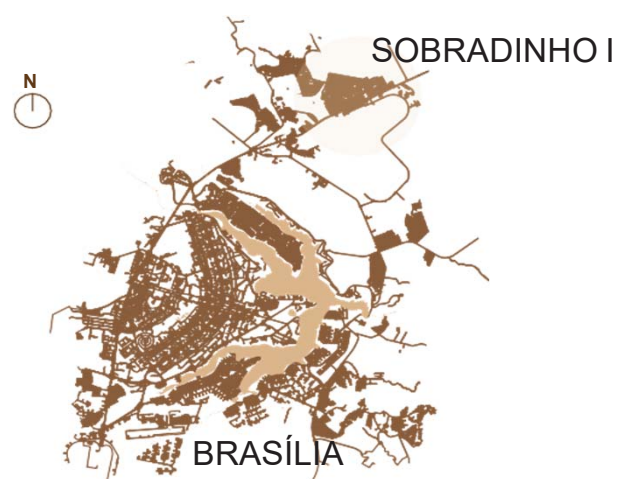
Finalmente se debe enfatizar que, al realizar este tipo de actividades en línea, no existe la necesidad de trasladarse a un sitio específico, lo que contribuye a la reducción de la huella ecológica.



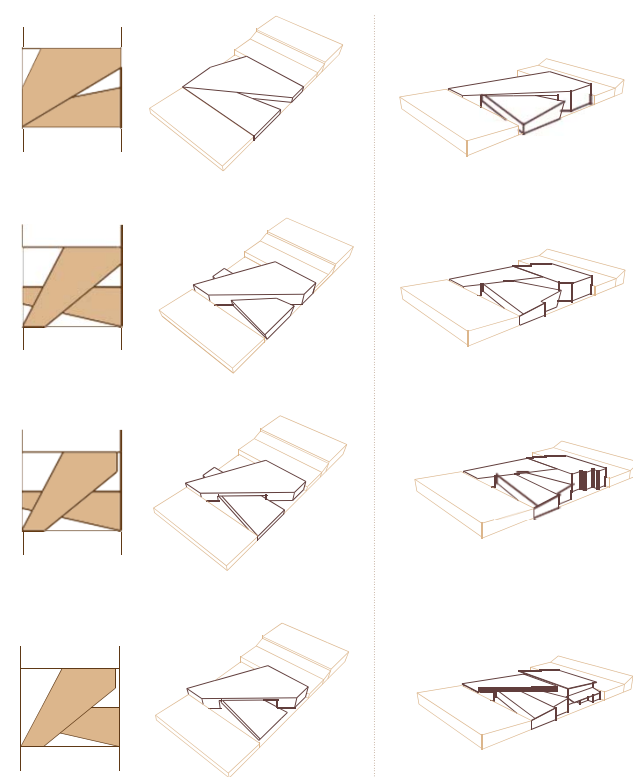
CASULO - CasaLar em Sobradinho I Universo Lúdico Operacional

Luiza Karan Maia

luhkar@gmail.com



Fachada Posterior



DESENVOLVIMENTO DO PARTIDO

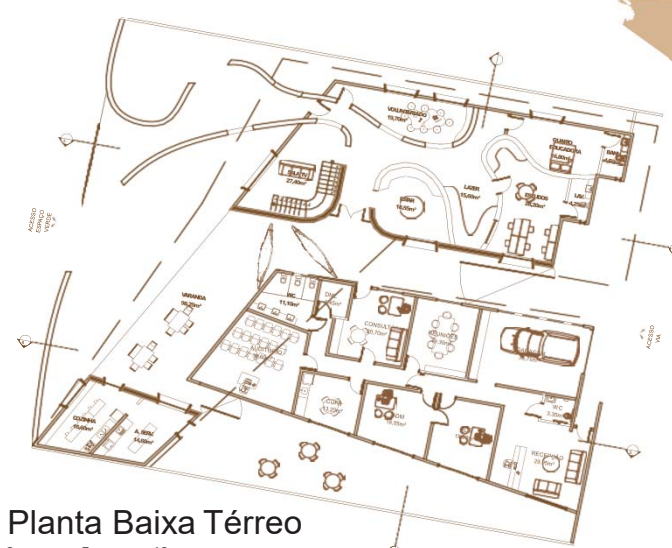
O terreno desempenhou papel fundamental no desenvolvimento do partido. Foram traçados dois eixos principais do lote para as escolas, simbolizando a trajetória das crianças através da educação: o eixo institucional e o eixo habitacional.

A ideia foi projetar do zero um espaço pensado para as crianças e adolescentes que ali irão morar, uma vez que a maioria das instituições é normalmente espaços adaptados.

MATERIAIS

Cada volume foi trabalhado com materiais diferentes. O menor (administração) foi pensado em concreto e alvenaria, assim como as casas do entorno. No maior (habitação) foram utilizadas três técnicas de terra:

Adobe, nas paredes externas; nas paredes do corredor interno formado pela interseção dos volumes, foi utilizada a **taipa de pilão** com função estrutural e **cob** nas paredes internas do térreo. Os dois blocos são conectados pelo telhado de **telha cerâmica** criando o espaço varanda



Planta Baixa Térreo



Planta Baixa Superior

ESPAÇOS

O volume da administração possui um pavimento e sua entrada é pela lateral, tornando possível a integração do muro ao projeto. Possui acesso ao jardim interno compartilhado com a habitação, sendo possível a separação, caso necessário, para que a habitação possa ter uma rotina independente.

O volume da habitação teve o térreo dividido em dois blocos, devido à interseção dos volumes. Nestes blocos, estão os cômodos sociais. No segundo pavimento se concentram os quartos e banheiros.

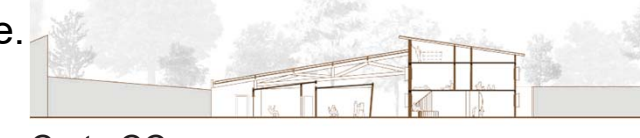
Os ambientes do térreo são definidos pelas paredes orgânicas de cob, com variações de altura e aberturas que se tornam mobiliário interativo e passagem. As paredes extrapolam as barreiras da habitação, estendendo-se pelo jardim, transformando-se em parquinho e muro do lote.



Corte AA



Corte BB



Corte CC

Perspectiva Explodida



Fachada Frontal

EXPERIÊNCIA DE CONSTRUÇÃO AGROECOLÓGICA NUM ASSENTAMENTO DE REFORMA AGRÁRIA

Escola Popular Rosa Luxemburgo / escolapopularrosaluxemburgo@gmail.com

INTRODUÇÃO

O Projeto é desenvolvido na Escola Popular Rosa Luxemburgo, localizada no assentamento do mesmo nome, no município de Agudos, região centro-oeste no Estado de São Paulo. No assentamento, constituído em 2014, foram beneficiadas 89 famílias organizadas pelo Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra (MST), cuja atuação no Estado ocorre desde 1985, embasado pela Constituição Federal do Brasil, e fundamentada na Declaração Universal dos Direitos Humanos. O MST organiza famílias no campo buscando garantir direitos econômicos, sociais e culturais para os quais é fundamental o acesso à terra. Atualmente, são aproximadamente 17.194 famílias assentadas no Estado, e muitas delas não tem acesso a política pública voltada à moradia.

OBJETIVO

Visibilizar e divulgar técnicas alternativas de construção, assim como, debater e testar possíveis soluções de moradia para as famílias assentadas, e que dialoguem com a realidade local, buscando fortalecer práticas coletivas entre a comunidade e profissionais da arquitetura. Para isso, foram utilizadas as instalações e processos de fabricação dos materiais de construção com base em bambu, madeira e terra. A Escola se propõe a realizar três módulos de 3,5 m x 3,5 m, e apresentar diferentes técnicas construtivas associadas aos materiais mencionados. De modo que, neste trabalho, apresenta-se a experiência da construção de um módulo, com aplicações das técnicas com terra: bloco de terra comprimida (BTC) e adobe.

METODOLOGIA

Desde 2020, a Escola realiza atividades conjuntas com a equipe vinculada ao “Projeto Interdisciplinar de Desenvolvimento Urbano Inclusivo de Longo Prazo”, o que tem permitido debates e práticas iniciais de produção de materiais para construção nos assentamentos de reforma agrária. Já em 2021, em parceria, a Escola e a assessoria técnica Peabiru TCA, organizaram aulas virtuais e oficinas práticas via fomento promovido pelo Conselho de arquitetura e urbanismo CAU/SP (nº 013/2021), configurando a continuidade da construção habitacional com componentes de baixo impacto econômico e ambiental, atrelados a processos participativos da comunidade, conflitos socioambientais, princípios de sustentabilidade ambiental, infraestrutura ecológica, planejamento habitacional e produção de alimentos.

As oficinas práticas estiveram voltadas à construção de um módulo com técnicas de terra. O módulo possui as seguintes características:

a) Fundação: nesta etapa foi feita uma vala para o alicerce de 50 cm de profundidade por 25 cm de largura, a qual se encheu com pedra rachão e adicionou concreto, composto de 1 medida de cimento, 3 de areia grossa e 2 de brita malha de 30mm. A mistura foi usada para preencher a sapata, após adicionar água na massa. Sendo uma estrutura de pedra forjada com massa de cimento de 25 cm de altura por 30 cm de largura, e no interior da mesma ficaram inseridos os ferros que servem de reforço vertical aos muros de BTC.

b) Paredes com BTC: Foram feitas 2 paredes com tijolos com dimensões de 12,5 cm x 25 cm x 7 cm (largura x comprimento x altura). As paredes foram feitas de forma perpendicular para apresentar a técnica de embutir colunas (pilaretes) e ficar com o tijolo exposto.

c) Paredes com adobe: Foram feitas 2 paredes com adobes também produzidos na Escola. Num primeiro momento realizaram-se 12 testes com diferentes misturas com o intuito de encontrar a mais adequada. A mistura utilizada corresponde a 4 medidas de terra local e 2 de areia; as dimensões do adobe é de 10 cm x 20 cm x 10 cm. Cabe destacar que as paredes de BTC e adobe foram unidas através de colunas com eucalipto tratado.

d) Telhado: Realizado com uma estrutura de eucalipto, a qual foi tratado na oficina de madeira com o método de imersão em solução de bórax e sulfato de cobre por 15 dias. Sobre a estrutura de eucalipto, foi montado um entramado de bambu tuldoideis cortado em esteiras, também tratado por método de imersão em octoborato durante 7 dias. Após fixar o entramado na estrutura mediante arames e pregos, colocou-se um revestimento de 7 partes de terra vermelha local, 3 de areia e 1,5 de cimento.

RESULTADO

A realização do canteiro-escola em parceria com a Peabiru TCA deu como resultado a construção de 1 cômodo que permite avaliar, transferir e trocar experiências e conhecimentos entre membros da academia, profissionais de diferentes áreas e moradores. A própria experiência permitiu evidenciar os desafios de cada técnica, assim como as próprias demandas dos beneficiários. Além disso, destaca-se a organização das oficinas com materiais produzidos na Escola, e vislumbrar a unidade demonstrativa como continuação das atividades que possam brindar alternativas sustentáveis de habitação no assentamento e no entorno.

Escola Popular Rosa Luxemburgo

Desenho da fundação

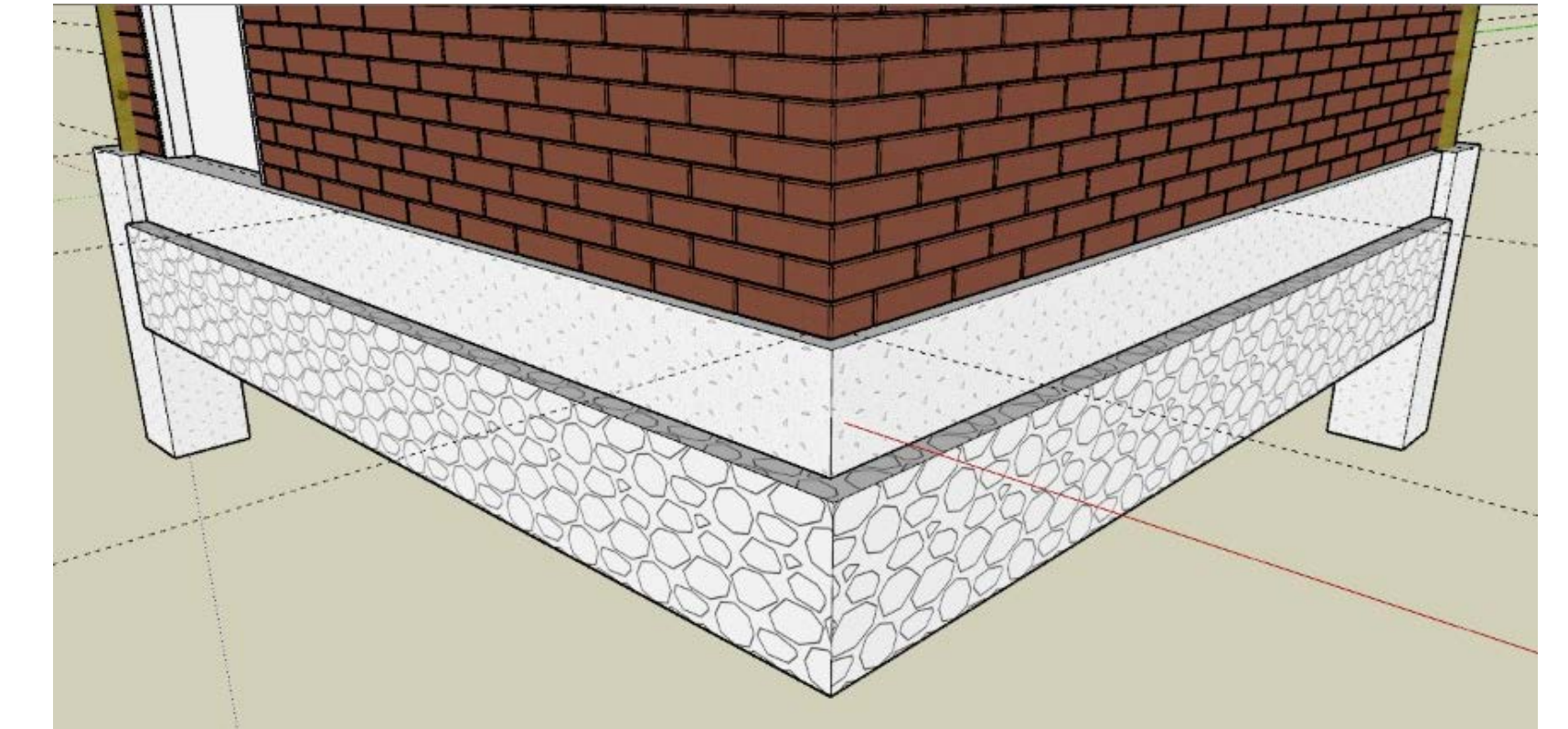
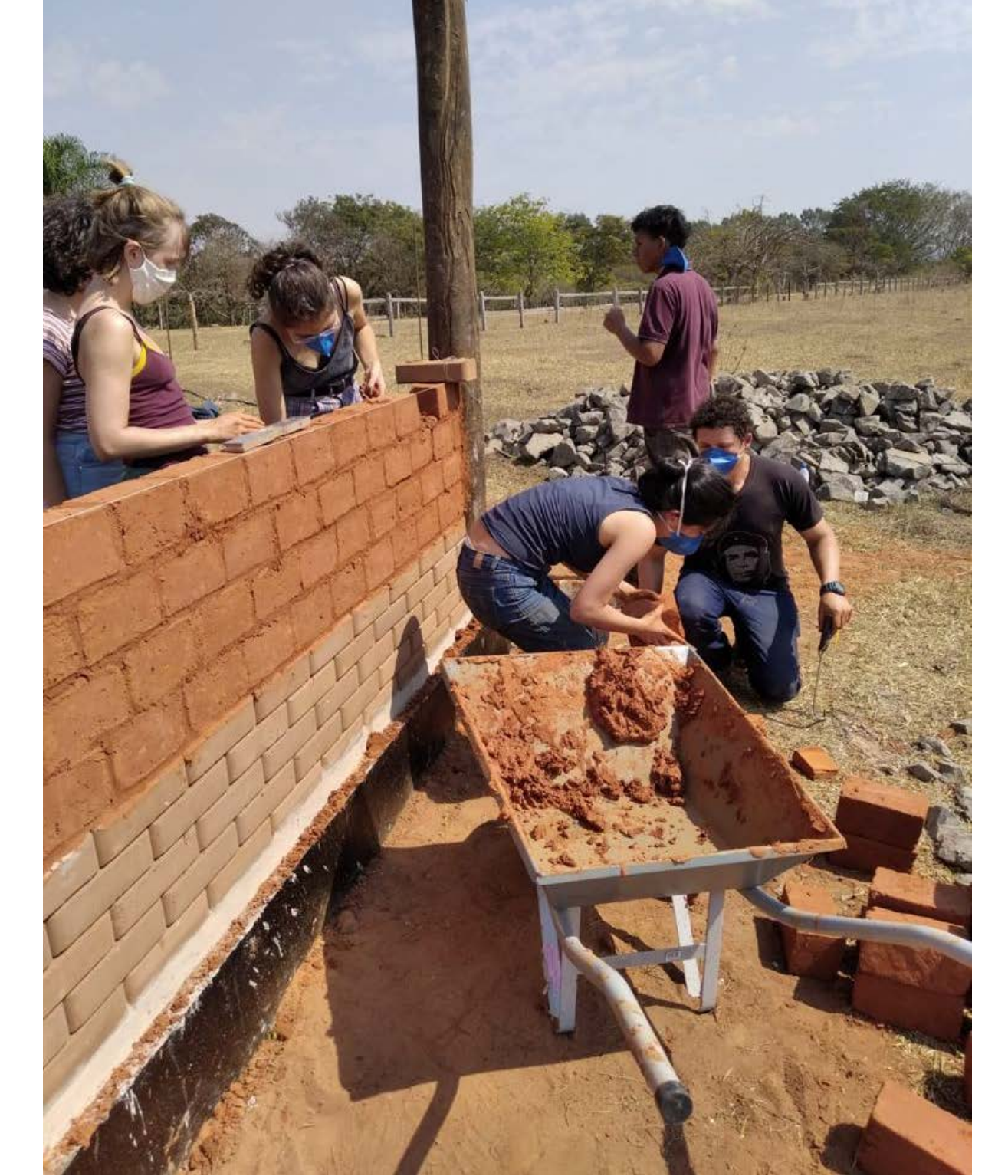


Foto: Crédito Grupo Pitá-Peabiru TCA

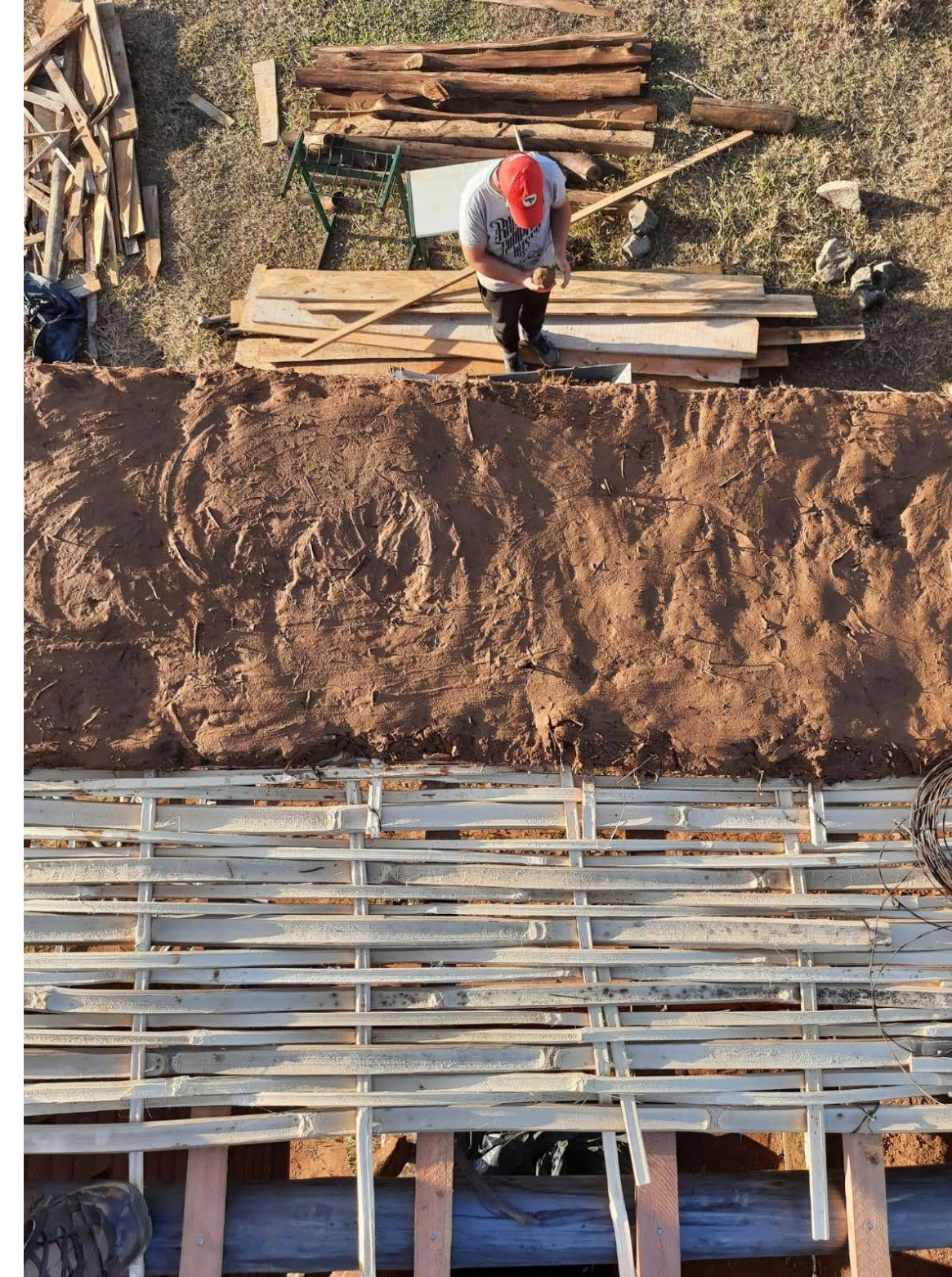
Oficina de terra - BTC



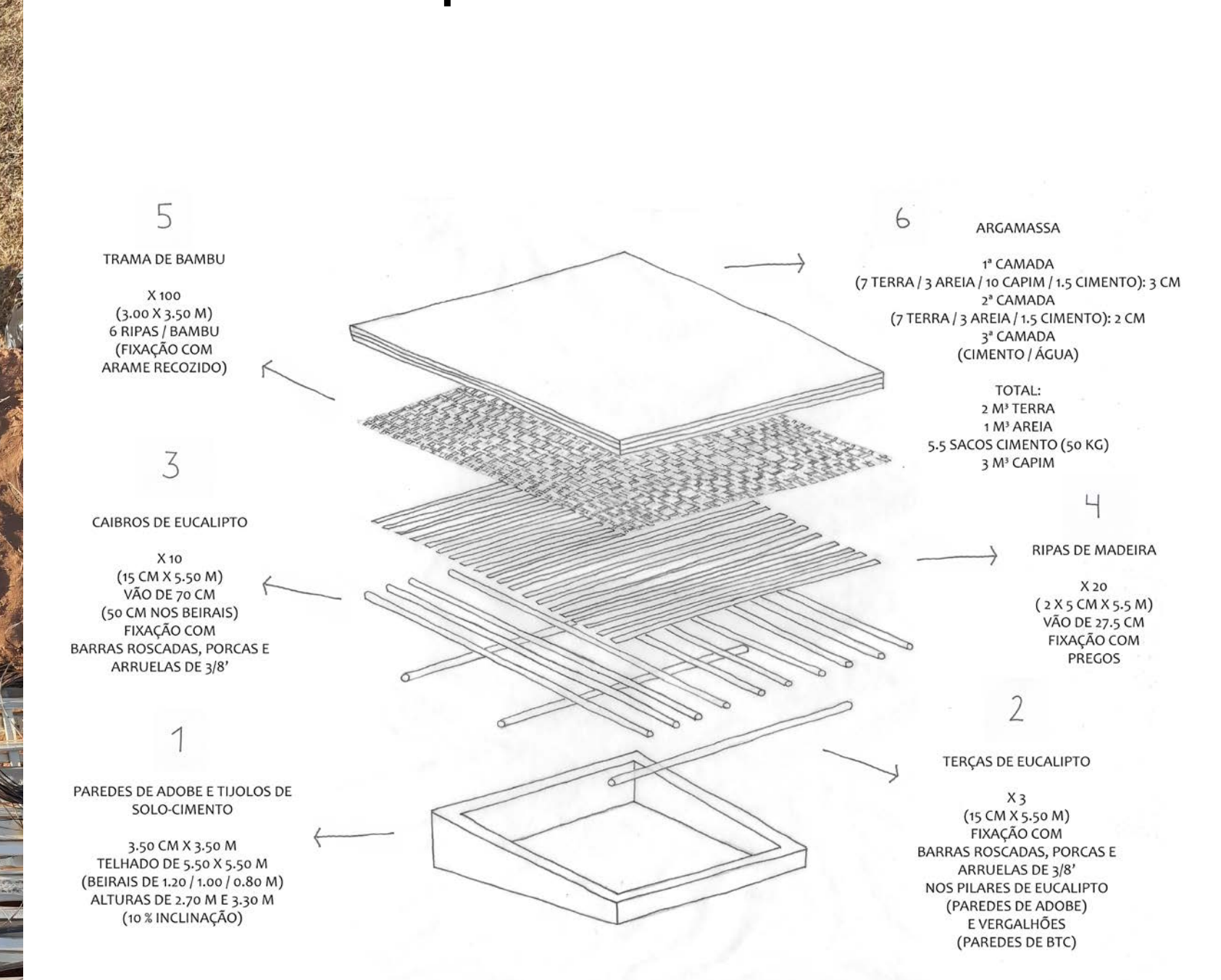
Oficina de terra - adobe



Oficina de madeira e bambu - telhado



Esquema do telhado



Desenho: Crédito Luiz Acevedo

CUSTOS APROXIMADOS

Produção de BTC (matéria prima + 1 dia de trabalho, 3 pessoas)	R\$ 591,00 (custo por 1000 BTC)
Produção de adobe (matéria prima + 3.5 dias de trabalho, 2 pessoas)	R\$628,50 (custo por 650 adobes)
Fundação e paredes	R\$ 4.907,10
Telhado	R\$1.540,50
TOTAL	R\$ 7.667,10 (USD\$ 1.475,04)

DIAS TRABALHADOS NA CONSTRUÇÃO: 15 dias

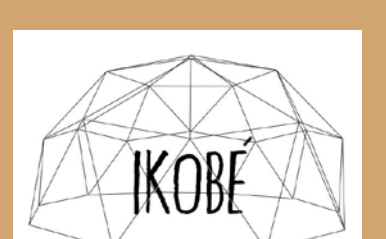
Módulo com técnicas mistas



Realização



Agradecimento



CONCURSO ARTE GRÁFICA

Edital para PARTICIPAÇÃO

VIII CONGRESSO de ARQUITETURA e CONSTRUÇÃO COM TERRA NO BRASIL

TERRABRASIL 2022

HABITAR A TERRA



FLORIANÓPOLIS/SC



OBJETIVO

O concurso de arte gráfica para ser estampada em camisetas objetiva oportunizar o desenvolvimento de criatividade e a participação no **TerraBrasil 2022**.

O EVENTO

Acontecerá pela **primeira vez na região sul** em **Florianópolis** no campus da Universidade Federal de Santa Catarina - **UFSC**.

O tema escolhido é **“Habitar a Terra”** que faz referência à ocupação humana no planeta, em todas as suas manifestações e necessidades atuais.

O congresso é uma realização da **Rede TerraBrasil - RTB** a qual foi criada como parte da política de incentivo à criação de redes locais (nacionais) de **Arquitetura e Construção com Terra – ACT** da **Rede Ibero Americana de Arquitetura e Construção com Terra – PROTERRA** (www.redproterra.org).

CALENDÁRIO 2021

Este concurso se realizará conforme o seguinte cronograma:

05/05	Lançamento do edital e abertura da inscrição
15/06	Prazo final para inscrição e entrega da arte
15/07	Divulgação de 4 artes para votação pública
15/08	Publicação das 2 artes vencedoras
15/09	Entrega da premiação

INSCRIÇÕES

1. Cada participante (individual ou coletivo) pode enviar até 02 artes para estampar camisetas de tecido algodão cru, sendo que cada arte deve ser enviada em e-mail separado;
2. A arte deve ter como tema o próprio evento;
3. A arte deve considerar sua estampa em estêncil*, ou seja, chapa única e uma cor (confira a seguir as **especificidades**);
4. A inscrição é pelo e-mail contato.terrabrasil2022@gmail.com, com **assunto** 'Concurso Camiseta', a arte em **anexo e texto**: nome completo (no caso de coletivo, colocar o responsável e após os demais participantes, e o nome do coletivo, se houver); endereço completo, telefone com DDD, CPF, profissão/ocupação, breve relato sobre o conceito da arte;
5. Ao se inscrever e enviar a proposta para o e-mail do concurso, a/o participante declara-se ciente e de acordo com as termos estabelecidos no presente edital, e se não seguir estas determinações será desclassificada(o) na pré-seleção do concurso.

*as camisetas do evento serão feitas em estêncil com tinta de terra ou serigrafia (neste caso para baixar custos de fabricação).

ENTREGA DA PROPOSTA

Cada participante (individual ou coletivo) deve enviar, por e-mail, a arte em imagem (.jpeg), com tamanho 25x25cm, qualidade com 300dpi e margens de 1cm em todo entorno.

Não serão aceitas propostas entregues por quaisquer outros meios e fora do prazo determinado no **CALENDARIO 2021** deste edital.

Ao enviar sua arte, cada participante automaticamente autoriza a publicação desta juntamente com sua identificação nas mídias sociais do TerraBrasil 2022, bem como quaisquer outros meios, sejam digitais e/ou impressos.

A arte será centralizada na parte frontal da camiseta com tecido de algodão cru.



ESPECIFICIDADES DO ESTÊNCEL

CONTAINER

enchimento nas áreas internas que possam cair fora ao serem recortadas, ou que tenham ligações para não ficarem soltas.

CONTAINER

**THE SECOND WORD
CAPTURE IT**

*este efeito falhado fica interessante, porque acaba parecendo terra

*Não é interessante: letras e traços com menos de 4 milímetros

HARD FOX

*Letras muito finas e perto demais também não funcionam

ESPECIFICIDADES DO ESTÊNCIL



As imagens seguem o mesmo conceito das escritas, sendo necessário o enchimento dos espaços fechados ou ligamentos.



Linhas muito finas podem borrar com a tinta.

ORGANIZAÇÃO, COMISSÃO E JULGAMENTO

A **COMISSÃO ORGANIZADORA** do evento é o próprio organizador deste concurso e participa de todo o processo, desde a divulgação do edital, inscrição, pré-seleção de 4 artes, que serão divulgadas nas mídias sociais do evento para votação pública, a divulgação das 2 artes mais votadas e a publicação do resultado final.

Os critérios de avaliação para a pré-seleção, com pesos iguais (de 1 a 5), são:

- **Coerência com o tema do evento;**
- **Compatibilidade com a identidade visual;**
- **Viabilidade de estampa na camiseta considerando a técnica estêncil.**

O critério de desempate será pela maior nota a partir do primeiro critério de avaliação mencionado acima.

Fica a critério da **COMORG** desclassificar as propostas que não estiverem dentro das especificações deste edital e não cabe, portanto, qualquer espécie de recurso sobre o resultado do concurso.

PREMIAÇÃO

- Primeiro lugar – 1 camiseta com a estampa feita pelo(a) autor(a) + 1 inscrição para o evento TerraBrasil 2022;
- Segundo lugar – 1 camiseta com a estampa feita pelo(a) autor(a) + livro Paredes e Rebocos de Terra de Gernot Minke

Os prêmios oferecidos neste concurso não poderão ser convertidos em dinheiro, conforme dispõe o parágrafo 3º do artigo 1º da Lei nº 5.768/71, tampouco substituídos por quaisquer outros bens, serviços ou direitos de valor igual ou semelhante.

A/o participante poderá ser excluída(o) automaticamente do concurso, em caso de suspeita de fraude e/ou plágio, podendo ainda responder por crime de falsidade ideológica ou documental.

Também nos casos de não preenchimento dos requisitos previamente determinados e/ou em decorrência da prestação de informações incorretas ou equivocadas, serão invalidadas as participações.

Não podem se inscrever ou participar do concurso a Coordenação Geral e COMORG do TerraBrasil 2022 ou seus parentes diretos até primeiro grau. As(os) contempladas(os) concordam com a utilização de seu nome, imagem e som de voz, exclusivamente para a divulgação dos resultados do concurso.

As dúvidas e controvérsias oriundas de reclamações das(os) participantes do concurso deverão ser preliminarmente enviadas pelo e-mail oficial deste edital até 2 (dois) dias antes da data final de envio das propostas.

COMISSÃO ORGANIZADORA DO CONCURSO

Daniela Tatsch Baptista

Renata Vieira Kock

Sumara Lisbôa

COORDENAÇÃO GERAL

Cecilia Heidrich Prompt

Jaqueline Leite R. do Vale

Ricardo Socas Wiese

Sumara Lisbôa

BOA SORTE!

<http://redeterrabrasil.net.br/terrabrasil-2022/>



@terrabrasil2022



OBJETIVO

Este **concurso** busca definir uma imagem a ser utilizada como base para a realização da 'Oficina de tintas de terra' no mural localizado no departamento de Arq. E Urb./UFSC. A oficina acontecerá durante o VIII Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil – TerraBrasil 2022.

O EVENTO

O **TerraBrasil 2022** acontecerá pela primeira vez na região sul na cidade de **Florianópolis** dentro do Campus da **Universidade Federal de Santa Catarina UFSC**. O tema escolhido para conduzir o evento é "**Habitar a Terra**" que faz referência à ocupação humana no planeta, em todas as suas manifestações e necessidades atuais.

O **TerraBrasil 2022** é uma realização da **Rede TerraBrasil** a qual tem como objetivo estreitar relações e disseminar informações e experiências conectando **meio acadêmico, profissional e público** sobre **Arquitetura e Construção com Terra** no Brasil. A RTB foi criada como parte da política de incentivo à criação de redes locais (nacionais) da Rede Ibero Americana de Arquitetura e Construção com Terra – PROTERRA (www.redproterra.org).

CALENDÁRIO

Este concurso se realizará conforme as seguintes datas:

12/11/ 2021	Lançamento do concurso e abertura das inscrições
10/12/ 2021	Prazo final para inscrição e entrega da(s) arte(s)
14/12/ 2021	Pré-seleção de 2 artes
15/12/ 2021	Divulgação das 2 artes para votação pública
05/01/ 2022	Publicação da arte vencedora, nas mídias sociais
02/02/ 2022	Evento para entrega da premiação

INSCRIÇÕES

1. A participação pode ser individual ou coletiva;
2. Cada participante (individual ou coletivo) tem o direito de enviar até 02 (duas) artes para ser desenhada e pintada no mural da ARQ, sendo que cada arte deve ser enviada em e-mail separado;
3. As artes devem ter como tema o próprio evento, considerando esta edição (Habitar a Terra), e abrangendo as temáticas e demais atividades do evento;
4. As artes devem considerar sua realização em paleta de cores de pigmentos de terra (veja sugestão de paleta de cores);
5. As inscrições devem ser feitas unicamente pelo e-mail contato.terrabrasil2022@gmail.com, com o título 'Concurso Arte no Mural'. Anexar a arte e informar no texto do e-mail: nome completo, telefone com DDD, CPF, endereço completo, profissão/ocupação, um breve relato sobre a sua relação com a arquitetura de terra e outro sobre o conceito da arte enviada;
6. No caso de participação de um coletivo, é importante que seja enviado o nome de um(a) representante e do coletivo, se houver;

OBS.: A/o participante que não seguir estas determinações será desclassificada(o) na pré-seleção do concurso.

ENTREGA DA PROPOSTA

Cada participante (individual ou coletivo) deve enviar, por e-mail, a arte em imagem (.jpeg), com qualidade de 300dpi e margens de 1cm em todo entorno.

Não serão aceitas propostas entregues por quaisquer outros meios e fora do prazo determinado no CALENDÁRIO deste edital.

Ao enviar sua arte, a/o participante automaticamente autoriza a publicação desta, juntamente com seu(s) nome(s), nas mídias sociais do TerraBrasil 2022, bem como quaisquer outros meios, sejam digitais e/ou impressos.

Esta é a parede para a arte, com suas dimensões:



PALETA DE CORES (sugestão)

Referências PANTONE:



PMS 1565



PMS 1545



PMS 160



PMS 151



PMS 143



PMS 139

EXEMPLOS DE MURAIIS COM TINTA DE TERRA



Desenho e pintura colaborativa. Direção: Marcela Serrano e Fernando Cardoso



Desenho e pintura colaborativa. Direção: Marcela Terra

ORGANIZAÇÃO, COMISSÃO E JULGAMENTO

O TerraBrasil 2022 é o próprio organizador deste concurso, sendo composto por integrantes da COMISSÃO ORGANIZADORA. A COMORG participa de todo o processo, a fim de acompanhar e tomar as providências necessárias para a boa realização do concurso, desde a divulgação do edital, inscrição, pré-seleção, seleção e resultado final. Fica a critério da COMISSÃO ORGANIZADORA desclassificar as propostas que não estiverem dentro das especificações do concurso. Após o encerramento do envio das artes, a COMISSÃO ORGANIZADORA fará a pré-seleção de 2 (duas) propostas, que serão divulgadas nas mídias sociais do evento para votação pública. Apenas uma arte será a vencedora. As propostas serão pré-selecionadas pelos seguintes critérios de avaliação, com pesos iguais (de 1 a 5):

- Coerência com o tema do evento;
- Compatibilidade com a identidade visual;
- Viabilidade de execução do mural com tinta de terra.

O critério de desempate será pela maior nota a partir do primeiro critério de avaliação mencionado acima. A COMISSÃO ORGANIZADORA do concurso é soberana em suas decisões, desde que respeitadas as disposições deste edital no processo de avaliação das propostas. Não cabe, portanto, qualquer espécie de recurso sobre o resultado do concurso.

PREMIAÇÃO

• Primeira(o) colocada(o) - camiseta do evento modelo 1 de algodão cru e tintas de terra + 1 inscrição para o evento TerraBrasil 2022;

Os prêmios oferecidos neste concurso não poderão ser convertidos em dinheiro, conforme dispõe o parágrafo 3º do artigo 1º da Lei nº 5.768/71, tampouco substituídos por quaisquer outros bens, serviços ou direitos de valor igual ou semelhante. A/o participante poderá ser excluída(o) do concurso, em caso de suspeita de fraude e/ou plágio, podendo ainda responder por crime de falsidade ideológica ou documental. Também nos casos de não preenchimento dos requisitos previamente determinados e/ou em decorrência da prestação de informações incorretas ou equivocadas, serão invalidadas as participações. Ao se inscrever e enviar a proposta para o e-mail do concurso, a/o participante declara-se ciente e de acordo com as termos estabelecidos no presente edital. Não podem se inscrever ou participar do concurso a Coordenação Geral e Comissão organizadora do TerraBrasil 2022 ou seus parentes diretos até primeiro grau. A(o) contemplada(o) concorda com a utilização de seu nome, imagem e som de voz, exclusivamente para a divulgação dos resultados do concurso. As dúvidas e controvérsias oriundas de reclamações das(os) participantes do concurso deverão ser preliminarmente enviadas até 2 (dois) dias antes da data final de envio das propostas.

COMISSÃO ORGANIZADORA DO CONCURSO

Daniela Tatsch Baptista
Arquiteta e Urbanista

Sumara Lisbôa
MSc. - Arquiteta e Urbanista



terrabrasil2022



terrabrasil2022

COORDENAÇÃO GERAL

Cecilia Heidrich Prompt
MSc. Arquiteta e Urbanista
Doutoranda PósARQ/UFSC

**Jaqueline Leite Ribeiro do
Vale**
Dra. Arquiteta e Urbanista

Ricardo Socas Wiese
Dr. Arquiteto e Urbanista
Chefe de Departamento CTC/UFSC

Sumara Lisbôa
MSc. - Arquiteta e Urbanista

BOA SORTE!

<http://redeterrabrasil.net.br/terrabrasil-2022/>



VIII Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil "Habitar a Terra"

No presente livro, além de atividades pré-evento ("Terra em Debate" e concursos de arte gráfica), palestras e mesas redonda, são apresentadas as seguintes oficinas realizadas durante o evento: *Caracterização de solos e Teste Carazas; Adobe; Taipa de pilão; Terra ensacada; BTC; Tintas com pigmentos de solo; Taipa japonesa; Revestimentos de terra; e, Metodologia de projeto por meio da dança.*

Os 30 trabalhos acadêmicos aprovados, dentre *artigos científicos e informes técnicos*, são agrupados segundo os seguintes temas:

1. Materiais e técnicas construtivas;
2. Patrimônio: documentação, conservação e restauro;
3. Arquitetura contemporânea; e,
4. Ensino, capacitação e transferência tecnológica.

Também são apresentados os 8 trabalhos relativos a *Projetos & Obras*, modalidade de artigo técnico instituída no TerraBrasil 2014, na qual são apresentados trabalhos profissionais relacionados às práticas da construção com terra. Completa o livro os 6 pôsteres apresentados.

"O TerraBrasil 2022 evidencia a necessidade de olhar para o projeto voltado à construção com terra e para as questões culturais relacionadas ao habitat, abordando a responsabilidade social e o empoderamento das comunidades rurais de agricultores familiares, indígenas e quilombolas, em suas dimensões técnica, processual, conceitual e estética." (Coordenação Geral do TerraBrasil 2022)