



**Vicente Jesus dos Santos Ramilo**

**Compósitos Laminados artesanais  
derivados do “Fibrobarro” aplicados  
como revestimentos e vedações em  
estruturas adaptáveis de bambu e em  
sistemas de coberturas residenciais**

**Tese de Doutorado**

Tese apresentada como requisito parcial para a obtenção  
do grau de Doutor pelo Programa de Pós-Graduação em  
Design do Departamento de Artes & Design da PUC-Rio.

Orientador: Prof. José Luiz Mendes Ripper – PUC-Rio

Co-orientador: Prof. Lucas Alves Ripper – Escola Parque

Rio de Janeiro

Maio de 2019



**Vicente Jesus dos Santos Ramilo**

**Compósitos Laminados artesanais  
derivados do “Fibrobarro” aplicados como  
revestimentos e vedações em estruturas  
adaptáveis de bambu e em sistemas de  
coberturas residenciais**

Tese apresentada como requisito parcial para a  
obtenção do grau de Doutor pelo Programa de Pós-  
Graduação em Design do Departamento de Artes &  
Design da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão  
Examinadora abaixo.

**Prof. José Luiz Mendes Ripper**

Orientador

Departamento de Artes & Design – PUC-Rio

**Prof. Lucas Alves Ripper**

Co-orientador - Escola Parque

**Profa. Denise Berruezo Portinari**

Departamento de Artes & Design – PUC-Rio

**Prof. Walter dos Santos Teixeira Filho**

Departamento de Arquitetura – PUC-Rio

**Prof. Romildo Dias Toledo Filho**

UFRJ

**Prof. Arturo Daniel Chicano Jimenez**

PUCV

Rio de Janeiro, 21 de maio de 2019

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, do autor e do orientador.

### **Vicente Jesus dos Santos Ramilo**

Graduou-se em Administração de Empresas na Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro – PUC/Rio, em 1991, Pós Graduou-se em RH no IAG Master da PUC/Rio, em 1996 e tornou-se Mestre em Design em 2012, pela PUC/Rio. Artesão do bambu; lecionou na Rede Pública de Ensino, na Prefeitura de Bananal, SP, em 2009, no Projeto Casa do Pequeno Marceneiro, para jovens de 07 a 17 anos, e como Prof. do curso de Artesanato em Bambu no Centro de Artes Calouste Gulbenkian – Prefeitura do Rio de Janeiro, entre 2006 e 2012.

#### Ficha Catalográfica

Ramilo, Vicente Jesus dos Santos

Compósitos laminados artesanais derivados do “fibrobarro” aplicados como revestimentos e vedações em estruturas adaptáveis de bambu e em sistemas de coberturas residenciais / Vicente Jesus dos Santos Ramilo ; orientador: José Luiz Mendes Ripper ; co-orientador: Lucas Alves Ripper. – 2019.

196 f. : il. color. ; 30 cm

Tese (doutorado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Artes & Design, 2019.

Inclui bibliografia

1. Artes e Design – Teses. 2. Construções rurais. 3. Barro. 4. Taipa. 5. Compósitos. 6. Convivências. I. Ripper, José Luiz Mendes. II. Ripper, Lucas Alves. III. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Artes e Design. IV. Título.

CDD:700

Ao meu filho, João Paulo Mendes dos Santos Ramilo,  
minha fonte de inspiração.



## Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Ao meu orientador Professor José Luis Mendes Ripper pelo estímulo e parceria para a realização deste trabalho.

À minha mãe Natalice Alexandrina dos Santos, pelo apoio no dia a dia e ao meu filho, João Paulo Mendes dos Santos Ramilo, minha fonte de inspiração.

Ao CNPq e à PUC-Rio, pelos auxílios concedidos, sem os quais este trabalho não poderia ter sido realizado.

Ao meu amigo Prof. Dr. Luiz Eustáquio da UFMG, pelos conselhos e orientação nos momentos mais difíceis.

Aos meus amigos de LILD, João Victor Correia de Melo e Walter Teixeira Filho, pela colaboração na pesquisa.

A amiga Luciana Frazão, designer e química, pela inestimável colaboração, fazendo o intercâmbio com outros laboratórios da PUC/Rio, viabilizando a realização de testes e ensaios, dando agilidade a pesquisa.

Ao amigo Mariano, técnico de laboratório do LILD.

Aos amigos Fernando e Marina do NEAM pela contribuição a pesquisa.

Ao amigo Prof. Roosevelt Fidelis e amigos do NIMA – Núcleo Interdisciplinar de Meio Ambiente, que apoiaram a pesquisa desde o início, cedendo a Estação Ambiental para experimentos e para a Defesa da Tese.

## Resumo

Ramilo, Vicente Jesus dos Santos. Ripper, José Luiz Mendes. **Compósitos Laminados artesanais derivados do “Fibrobarro” aplicados como revestimentos e vedações em estruturas adaptáveis de bambu e em sistemas de coberturas residenciais**. Rio de Janeiro, 2019. 196p. Tese de Doutorado - Departamento de Artes & Design, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

A pesquisa aborda métodos e técnicas para desenvolvimento de compósitos laminados concebidos a partir de materiais naturais, derivados de técnicas construtivas vernaculares e mais especificamente de técnica denominada de “Fibrobarro”, direcionadas às comunidades rurais. Estas técnicas utilizam materiais encontrados na natureza e em especial no próprio LILD, modos de fazer comuns das regiões rurais, seguindo a metodologia empírica, traduzida em novos conceitos de design participativo, que determina vivências e convivências que influenciam as relações sociais de ensino e trabalho destas comunidades. O conjunto de métodos e técnicas utilizados ao longo da pesquisa contribui para o processo de desenvolvimento dos compósitos, no qual se aplica a metodologia projetual do LILD, que segue o uso de tecnologias limpas de baixo impacto ambiental e o uso de materiais regionais, objetivando a sustentabilidade no processo e no uso. Os resultados obtidos nos ensaios e experimentos, ao longo da pesquisa, demonstraram a existência de possibilidade de aplicação destes materiais feitos com terra crua, fibras naturais e poliuretano vegetal para atenderem demandas reais na construção de objetos de design e arquitetura, gerando novos materiais e técnicas que substituam as demandas tradicionais que usam materiais convencionais. Descobriu-se no material enorme potencial de uso, tanto em processos bioconstrutivos, que utilizam estruturas adaptáveis feitas com bambu; sujeitos a menores carregamentos como revestimento e vedação, tais como painéis e divisórias e mais especificamente como telhas em sistemas de coberturas residenciais; como em processos construtivos convencionais.

## Palavras-chave

Barro; fibras; bambu; construções; convivências; revestimentos; coberturas; telhas.

## Abstract

Ramilo, Vicente Jesus dos Santos. Ripper, José Luiz Mendes (Advisor). **Handmade rolled derived "Fibrobarro" applied as coatings and seals in adaptive structures of bamboo.** Rio de Janeiro, 2019. 196p. Tese de doutorado - Departamento de Artes & Design, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

The research deals with methods and techniques for development of composites laminates designed from natural materials, derived from vernacular building techniques and more specifically of technique called "Fibrobarro", directed at rural communities. These techniques use materials found in nature and in particular own LILD, ways of doing common rural regions, following the empirical methodology, translated into new concepts of participatory design, which determines experiences and relationships that influence the social relations of teaching and work of these communities. The set of methods and techniques used throughout the research contributes to the development process of composites, in which applies the design methodology of LILD, which follows the use of clean technologies for low environmental impact and the use of materials regional, aiming at sustainability in the process and in use. The results obtained in the tests and experiments, over the poll, demonstrated the existence of possibility of application of these materials made with raw land, natural fibers and vegetal polyurethane to meet actual demands in the construction of objects of design and architecture, creating new materials and techniques that replace traditional demands that use conventional materials. It was discovered in the huge potential of material use, both in bioconstructives processes, which use adaptive structures made with bamboo; subject to smaller shipments as coating and sealing, such as panels and partitions and more specifically as tiles in residential roofing systems; as in conventional construction processes.

## Keywords

Clay; fibers; bamboo; constructions; retreats; coatings; roofing; tiles.

## Sumário

1. Introdução	30
1.1. A problemática habitacional sob as óticas do Design e da Geografia	31
1.2. Tema	38
1.3. Problematização	39
1.3.1. A não linearidade da pesquisa: Problema <i>versus</i> solução	40
1.3.2. A contribuição do computador e resignificação de objeto	43
1.4. Hipótese	44
1.5. Questão que norteia a pesquisa	45
1.6. Objetivo geral	46
1.7. Objetivo específico	46
1.8. Referenciais teóricos	47
1.9. Metodologia	47
1.9.1. Estrutura da Tese	48
2. Revisão Bibliográfica	50
2.1. A Terra no mundo	50
2.2. A Terra no Brasil e a Arquitetura vernacular	53
2.2.1. As casas flutuantes e as palafitas da região Norte	56
2.2.2. A taipa de mão da região Nordeste	57
2.2.3. O pau a pique da região Centro-Oeste	60
2.2.4. A arquitetura do tipo enxaimel da região Sul	63
2.2.5. Da arquitetura colonial às favelas da região Sudeste	65

2.3. A Terra no LILD	68
2.3.1. O Fibrobarro	68
2.3.2. Vantagens do uso da terra quando comparada a materiais industrializados	72
2.3.3. Espessuras encontradas nas Técnicas Vernaculares e na Técnica para a obtenção de Compósitos Laminados	74
3. Materiais e métodos para desenvolvimento de Compósitos Laminados	84
3.1. Metodologia do LILD	85
3.2. A Terra e os utensílios usados no LILD: tratamento e hidratação	87
3.3. Experimentos iniciais para verificação de possibilidades de uso do material	90
3.3.1. Impermeabilização com resina polimérica vegetal monocomponente	92
3.3.2. Experimento 1: Meia esfera	93
3.3.3. Experimento 2: Bolacha	95
3.3.4. Experimento 3: Meia esfera	97
3.3.5. Experimento 4: Bolacha	98
3.3.5.1. Impermeabilização dos experimentos 3 e 4 com resina polimérica vegetal	98
3.3.6. Experimento 5: Bolacha sem gaze industrial	100
3.3.7. Experimento 6: Bolacha	103
3.4. Testes analíticos para identificação da composição química do barro usado na pesquisa	106
3.4.1. Resultados dos testes de composição química do barro	108
3.5. Concepção dos corpos de prova para ensaios de resistência dos	

compósitos laminados	109
3.5.1. Corpo de prova 1	110
3.5.2. Corpo de prova 2	110
3.5.3. Corpo de prova 3	111
3.5.4. Corpo de prova 4	111
3.5.5. Corpo de prova 5	112
3.5.6. Corpo de prova 6	112
3.6. Ensaios para verificação de resistência mecânica dos compósitos laminados	113
3.6.1. Resultados dos testes de resistência mecânica	117
3.6.2. Conclusões preliminares sobre os compósitos laminados desenvolvidos	118
4. Experimentos iniciais no formato de telhas	119
4.1. Método para a concepção das telhas	119
4.2. Experimento Telha 1	120
4.3. Experimento Telha 2	123
4.4. Experimento Telha 3	124
4.5. Experimento Telha 4	124
4.6. Aperfeiçoamento do material: pesos e medidas	125
4.7. Sistemas de coberturas residenciais atuais	126
5. Desenvolvimento de telhas	130
5.1. Telha 1	131

5.2. Telha 2	132
5.2.1. Impermeabilização da Telha 2	135
5.3. Telha 3	136
5.3.1. Impermeabilização da Telha 3	137
5.4. Construção de estrutura de bambu para teste das telhas	138
5.4.1. Colocação das telhas na estrutura de bambu para testes	142
5.5. Testes das telhas 2 e 3 e o regime de chuvas no período	143
5.6. Introdução da polpa de papel como reforço e da cola PVA como aglutinante	150
5.6.1. Telha 4	151
5.6.1.2. Impermeabilização da Telha 4	152
5.6.2. Telha A	153
5.6.2.1. Impermeabilização da Telha A	154
5.6.3. Telha B	154
5.6.3.1. Impermeabilização da Telha B	155
5.6.4. Telha C	156
5.6.4.1. Impermeabilização da Telha C	157
5.6.5. Telha D	157
5.6.5.1. Impermeabilização da Telha D	158
5.6.6. Telha E	158
5.6.6.1. Impermeabilização da Telha E	159
5.6.7. Telha F	159
5.6.7.1. Impermeabilização da Telha F	159
5.7. Colocação das telhas produzidas com polpa de papel na estrutura de bambu	160
5.8. Testes realizados com as telhas feitas com polpa de papel	161
5.9. Telhas produzidas em 2019	167
5.9.1. Telha 19.1	167
5.9.1.2. Impermeabilização da Telha 19.1: Goma Laca como alternativa impermeabilizante	168
5.9.2. Telha 19.2	170
5.9.2.1. Impermeabilização da Telha 19.2	170

5.9.3. Telha 19.3	171
5.9.3.1. Impermeabilização da Telha 19.3	171
5.9.4. Telha 19.4	172
5.9.4.1. Impermeabilização da Telha 19.4	172
5.9.5. Telha 19.5	173
5.9.5.1. Impermeabilização da Telha 19.5	173
5.9.6. Telha 19.6 - Modelo alternativo de telha: Canudo	174
5.9.7. Telha 19.7 - Polpa de Papelão e cola CMC	174
5.9.7.1. Impermeabilização da Telha 19.7	176
5.9.8. Telha 19.8	177
5.9.8.1. Impermeabilização da Telha 19.8	177
5.9.9. Desdobramentos: Placa plana e tijolos	178
5.9.9.1. Colocação das “Telhas Novas” na estrutura de bambu para testes	179
5.9.9.2. Testes das telhas e o regime de chuvas do período	180
5.9.9.3. Resultados da impermeabilização com goma laca	180
6. Conclusão	183
7. Referências Bibliográficas	189



## Lista de figuras

Figura 1 - Experimento feito com terra crua, fibras de sisal e resina polimérica de mamona, que deu origem a pesquisa com compósitos laminados derivados do fibrobarro. Foto de SANTOS, V. J., 2012.	39
Figura 2 - Modelo gerado em computador representando a casa do “João de barro”. Foto de RAMILO, V. J. S., 2016.	42
Figura 3 - Modelo feito artesanalmente com lâminas de bambu, representando a casa do “João de barro”. Foto de RAMILO, V. J. S., 2016.	42
Figura 4 - A “Bolha”: Modelo desenvolvido no LILD por Correia de Melo (2012), que utiliza lâminas de bambu. Foto de SANTOS, V. J., 2012.	44
Figura 5 - Construção feita com terra na Aldeia de Ksar-Ouled-Soltane, no sul da Tunísia, que se assemelha aos alvéolos das colmeias. Fonte: Fonte: <a href="https://br.pinterest.com/pin/480337116501770840/">https://br.pinterest.com/pin/480337116501770840/</a>	51
Figura 6 - Casas em taipa de pilão, em Tiradentes, Minas Gerais. Foto de FERNANDES, M., 2006.	53
Figura 7 - Fazenda Atalaia em Amparo, SP, antes da restauração. Imagens do programa Globo Rural exibido em 07/05/2017.	54
Figura 8 - Restauração da Fazenda Atalaia em Amparo, SP, feita com a técnica da taipa de mão. Imagens do programa Globo Rural exibido em 07/5/2017.	54
Figura 9 - Casa flutuante da região Norte do Brasil. Fonte: <a href="https://g1.globo.com/Amazônia/em-26/03/2019">https://g1.globo.com/Amazônia/em-26/03/2019</a> .	57
Figura 10 - Casa construída sobre palafitas da região Norte/Nordeste do Brasil. Fonte: <a href="https://petcivilufjf.wordpress.com/2017/05/13/casas-de-palafita-a-alternativa-das-populacoes-ribeirinhas">https://petcivilufjf.wordpress.com/2017/05/13/casas-de-palafita-a-alternativa-das-populacoes-ribeirinhas</a> .	57

- Figura 11: Casa de taipa e cobertura de palha. Fonte:  
<https://www.pinterest.com/rfbergamo/casas-de-taipa/em> 02/05/2019. 60
- Figura 12 - Aldeia Yawalapiti - Parque Indígena do Xingu – Mato Grosso. Foto de Thomas Edson, 1994, disponível em  
[https://img.socioambiente.org/d/281204-1/yawalapiti\\_8.jpg](https://img.socioambiente.org/d/281204-1/yawalapiti_8.jpg). 61
- Figura 13 - Casa de Marechal Cândido Rondon à beira do Porto da Manga - Corumbá – MS. Fonte:  
[https://olhares.sapo.pt/casa\\_do\\_telegrafo\\_construcao\\_sobre\\_palafitas\\_foto](https://olhares.sapo.pt/casa_do_telegrafo_construcao_sobre_palafitas_foto) 62
- Figura 14 - Casa construída com a técnica pau-a-pique em Serra Talhada, PE. Fonte:  
<https://pt.wikipedia.org/wiki/pau-a-pique>, disponível em 02/05/2019. 62
- Figura 15 – Casa de pau a pique no município de Barra do Bugres, Cuiabá, MT. Fonte:  
<http://redeglobo.globo.com/tvcentroamerica/noticia/2013/05/diario-de-bordo-e-bem-mt-quilombos-em-barra-do-bugres.html>, disponível em 09/05/2019. 63
- Figura 16 - Casa construída com a técnica de Enxaimel em Joinville, SC. Fonte:  
[https://angelinawittmann.blogspot.com/2015/08/levantamento\\_das\\_casas\\_enxaimel\\_projeto.html](https://angelinawittmann.blogspot.com/2015/08/levantamento_das_casas_enxaimel_projeto.html) em 02/05/2019 63
- Figura 17 - Casa Luso Brasileira, Antonina, PR.  
 Fonte: [www.nossolitoral.doparana.com.br/atrativo/lista/1/1](http://www.nossolitoral.doparana.com.br/atrativo/lista/1/1), disponível Em 02/05/2019. 64
- Figura 18 - Morro de Favela, atual Morro da Providência, no Centro do Rio de Janeiro, 1912. Fonte:  
[www.controversia.com.br/blog/2017/03/15/primeira\\_favela\\_surgiu\\_ha\\_120\\_anos/](http://www.controversia.com.br/blog/2017/03/15/primeira_favela_surgiu_ha_120_anos/) 65
- Figura 19 - Favela da Rocinha. Fonte:  
[https://odia.ig.com.br/rio\\_de\\_janeiro/2018/08](https://odia.ig.com.br/rio_de_janeiro/2018/08), disponível em 02/05/2019. 66
- Figura 20 - Barro e fibras de sisal, misturados até a saturação. Foto De RAMILO, V. J. S., 2016. 69
- Figura 21 - Modelo reduzido do minhocário. Foto de SANTOS, V. J., 2011. 71
- Figura 22 - Mutirão para construção do minhocário. Foto de SANTOS, V. J., 2011. 71

Figura 23: Mutirão para revestir o minhocário. Foto de SANTOS, V. J., 2011.	71
Figura 24: Minhocário revestido de “Fibrobarro”. Foto de SANTOS, V. J., 2011.	71
Figura 25 - Construção de casa utilizando pilares fixados, prontos para receber a estrutura do telhado. Foto de INO e LOPES, 2004.	76
Figura 26 - Detalhe dos paus-a-pique colocados em cinta de concreto. Foto de INO e LOPES, 2004.	76
Figura 27 - Colocação dos paus a pique. Foto de INO e LOPES, 2004.	76
Figura 28 - Colocação das madeiras horizontais da malha interna. Foto de INO e LOPES, 2004.	76
Figura 29 - Vista frontal e lateral do sistema modular para habitação proposto por BARROS em 2007. Foto de BARROS, 2007.	78
Figura 30 - Antiga casa de madeira da família Weirich, em Paial/SC. Foto de PROMPT e BORELLA, 2010.	79
Figura 31 - Reconstrução da casa da família Weirich, em Paial/SC, através da técnica superadobe. Foto de PROMPT e BORELLA, 2010.	79
Figura 32 - Casa da família Bohn em Pinhalzinho, SC, construída em superadobe e madeira. Foto de PROMPT e BORELLA, 2010.	80
Figura 33 - Construção da casa da família do Sr. Altair Gross, Seara/SC em Abril/2010 com planta baixa e obra em andamento. Foto de PROMPT e BORELLA, 2010.	80
Figura 34 - Confeção de pantográfica com lâminas de bambu, junto com a tribo Guarani Mbya de Angra do Reis, RJ. Foto de RIPPER, L. A., 2007.	82
Figura 35 - Estrutura pantográfica construída com lâminas de bambu em parceria com a tribo Mbya. Foto de RIPPER, L. A., 2007.	82
Figura 36 - Início do revestimento da Pantográfica com barro. Foto de RIPPER, L. A., 2007.	83
Figura 37 - Barro peneirado em peneira de feijão para obtenção de grãos até 3 mm. Foto de RAMILO, V. J. S., 2016.	87
Figura 38 - Barro peneirado em peneira de farinha para a obtenção de	

grãos com até 1 mm. Foto de RAMILO, V. J. S., 2016.	88
Figura 39 - Galão, balde, pet de 2 L. Foto de RAMILO, V. J. S., 2016.	88
Figura 40 - Balança eletrônica. Foto de RAMILO, V. J. S., 2016.	88
Figura 41 - Peneiras de feijão e farinha para obtenção grãos de 1 mm a 3 mm. Foto de RAMILO, V. J. S., 2016.	88
Figura 42 - Fôrma de metal (bolacha). Foto de RAMILO, V. J. S., 2016.	89
Figura 43 - Fôrma de metal (meia esfera). Foto de RAMILO, V. J. S., 2016.	89
Figura 44 - Barro peneirado. Foto de RAMILO, V. J. S., 2016.	90
Figura 45 - Sisal. Foto de RAMILO, V. J. S., 2016.	90
Figura 46 - Gaze industrial. Foto de RAMILO, V. J. S., 2016.	90
Figura 47 - Água (2 L). Foto de RAMILO, V. J. S., 2016.	90
Figura 48 - Hidratação do barro. Foto de RAMILO, V. J. S., 2016.	92
Figura 49 - Barro hidratado. Foto de RAMILO, V. J. S., 2016.	92
Figura 50 - Fôrma de metal no formato de meia esfera coberta com Gaze industrial. Foto de RAMILO, V. J. S., 2016.	93
Figura 51 - Compósito feito com barro, sisal e gaze industrial. Foto de RAMILO, V. J. S., 2016.	94
Figura 52 - Peso final do ensaio 1: 294 g. Foto de RAMILO, V. J. S., 2016.	94
Figura 53 - Fôrma de metal no formato de bolacha. Foto de RAMILO, V. J. S., 2016.	95
Figura 54 - Experimento 2. Foto de RAMILO, V. J. S., 2016.	95
Figura 55 - Experimento 2 secando. Foto de RAMILO, V. J. S., 2016.	96
Figura 56 - Trincas e rachaduras do experimento 2. Foto de RAMILO, V. J. S., 2016.	96
Figura 57 - Experimento 2 pesou 254 g. Foto de RAMILO, V. J. S.,	

2016.	96
Figura 58 - Experimento 3 meia esfera secando. Foto de RAMILO, V. J. S., 2016.	97
Figura 59 - Experimento 4 secando sem trincas ou rachaduras. Foto de RAMILO, V. J. S., 2016.	98
Figura 60 - Impermeabilização da superfície externa do experimento 3. Foto de RAMILO, V. J. S., 2016.	99
Figura 61 - Experimento 3 pesou 288 g, após impermeabilização com resina polimérica de mamona. Foto de RAMILO, V. J. S., 2016.	99
Figura 62 - Experimento 4 pesou 228 g após impermeabilização com resina polimérica de mamona. Foto de RAMILO, V. J. S., 2016.	99
Figura 63 - Fôrma forrada com plástico. Foto de RAMILO, V. J. S., 2016.	100
Figura 64 - Aplicação do barro sem gaze industrial. Foto de RAMILO, V. J. S., 2016.	100
Figura 65 - Aplicação da camada final de barro sobre o sisal. Foto de RAMILO, V. J. S., 2016.	101
Figura 66 - Experimento 5 secando. Foto de RAMILO, V. J. S., 2016.	101
Figura 67 - Experimento 5 seco sem a gaze industrial. Foto de RAMILO, V. J. S., 2016.	102
Figura 68 - Rachaduras no experimento 5. Foto de RAMILO, V. J. S., 2016.	102
Figura 69 - O experimento 5 pesou 272 g. Foto de RAMILO, V. J. S., 2016.	102
Figura 70 - 300 g de barro reservados para o experimento 6. Foto de RAMILO, V. J. S., 2016.	103
Figura 71 - Experimento 6 secando. Foto de RAMILO, V. J. S., 2016.	104

Figura 72 - Diminuição das microfissuras e rachaduras com o uso da gaze industrial. Foto de RAMILO, V. J. S., 2016.	105
Figura 73 - Experimento 6 com poucas rachaduras. Foto de RAMILO, V. J. S., 2016.	105
Figura 74 - Endurecimento da resina. Foto de RAMILO, V. J. S., 2016.	106
Figura 75 - O experimento 6 pesou 459 g. Foto de RAMILO, V. J. S., 2016.	106
Figura 76 - Barro hidratado. Foto de RAMILO, V. J. S., 2017.	109
Figura 77 - Sisal. Foto de RAMILO, V. J. S., 2017.	109
Figura 78 - Raspas de Bambu trituradas. Foto de RAMILO, V. J. S., 2017.	109
Figura 79 - Folhas de bambu secas. Foto de RAMILO, V. J. S., 2017.	109
Figura 80 - Barro (500 g) e Sisal (20 g). Foto de RAMILO, V. J. S., 2017.	110
Figura 81 - Barro (500 g) e Sisal (25 g). Foto de RAMILO, V. J. S., 2017.	111
Figura 82 - Barro (500 g) e Sisal (13 g). Foto de RAMILO, V. J. S., 2017.	111
Figura 83 - Barro (500 g) e Folhas de Bambu (13 g). Foto de RAMILO, V. J. S., 2017.	112
Figura 84 - Barro (500 g) e Sisal (25 g) sovados juntos. Foto de RAMILO, V. J. S., 2017.	112
Figura 85 - Barro (500 g) e Sisal (25 g). Foto de RAMILO, V. J. S., 2017.	113
Figura 86 - Mufla para retirar a umidade dos corpos de prova. Foto	

de FRAZÃO, L., 2017.	113
Figura 87 - Teste para verificação de resistência dos corpos de prova no LEM/PUC - Rio. Foto de FRAZÃO, L., 2017.	114
Figura 88 - Uso da colher de pedreiro para controlar quantidades e espessuras. Foto de RAMILO, V. J. S., 2017.	119
Figura 89 - Superfície forrada com plástico e gaze industrial, pronta para receber a massa de fibrobarro. Foto de RAMILO, V. J. S., 2017.	120
Figura 90 - 1 kg de barro reservados para aplicação sobre a superfície. Foto de RAMILO, V. J. S., 2017.	121
Figura 91 - 50 g de sisal reservados para produção do experimento Telha 1. Foto de RAMILO, V. J. S., 2017.	121
Figura 92 - Barro e sisal aplicados sobre a gaze. Foto de RAMILO, V. J. S., 2017.	122
Figura 93 – Experimento Telha 1 pronto. Foto de RAMILO, V. J. S., 2017.	122
Figura 94 – Experimento Telha 1 secando e assimilando a forma ondulada da telha convencional. Foto de RAMILO, V. J. S., 2017.	123
Figura 95 - Folhas de bambu trituradas. Foto de RAMILO, V. J. S., 2017.	123
Figura 96 - Cura do experimento Telha 2, feito com folhas de bambu. Foto de RAMILO, V. J. S., 2017.	123
Figura 97 - Rachaduras e fissuras do experimento Telha 3, precipitadas pela evaporação da água. Foto de RAMILO, V. J. S., 2017.	124
Figura 98 - Raspas de bambu usadas como reforço no Desenvolvimento do experimento Telha 4. Foto de RAMILO, V. J. S., 2017.	125
Figura 99 – Experimento Telha 4 concluído. Foto de RAMILO,	

V. J. S., 2017.	125
Figura 100 - Telha feita com compósitos laminados. Foto de RAMILO, V. J. S., 2017.	126
Figura 101 - Telha Marselha. Foto de PEREIRA, V. e MARTINS, J. G., 2005.	127
Figura 102 - Telha Romana. Foto de PEREIRA, V. e MARTINS, J. G., 2005.	127
Figura 103 - Telha Lusa. Foto de PEREIRA, V. e MARTINS, J. G., 2005.	127
Figura 104 - Telha Canudo. Foto de PEREIRA, V. e MARTINS, J. G., 2005.	127
Figura 105 - Telha Plana. Foto de PEREIRA, V. e MARTINS, J. G., 2005.	128
Figura 106 - Mesa para a produção da telha. Foto de RAMILO, V. J. S., 2017.	130
Figura 107 - Gaze industrial forrada sobre o plástico. Foto de RAMILO, V. J. S., 2017.	131
Figura 108 - Aplicação das raspas de bambu triturado. Foto de RAMILO, V. J. S., 2017.	131
Figura 109 - Espessura do compósito com aproximadamente 1 cm. Foto de RAMILO, V. J. S., 2017.	132
Figura 110 - Telha 1 feita com compósitos laminados, finalizada. Foto de RAMILO, V. J. S., 2018.	132
Figura 111 - Telha feita de compósitos laminados colocada em cima da telha convencional para assimilar as curvas no período de cura. Foto de RAMILO, V. J. S., 2017.	132
Figura 112 - Telhas fabricadas com Asbestos. Fonte: Catálogo das Telhas Eternit.	133
Figura 113 - Telhas fabricadas com PP Brasifil. Fonte: Catálogo das Telhas Eternit.	133
Figura 114 - Aplicação dos fios de sisal para reforçar a telha. Foto de RAMILO, V. J. S., 2018.	133
Figura 115 - Aplicação do sisal. Foto de RAMILO, V. J. S., 2018.	134
Figura 116 - Aplicação do sisal, até a saturação. Foto de RAMILO,	



V. J. S, 2018.	134
Figura 117 - Finalizando o experimento com a colocação da gaze para reduzir o aparecimento de fissuras e rachaduras. Foto de RAMILO,V. J. S, 2018.	134
Figura 118 - Telha 2 finalizada, feita com compósitos laminados. Foto de RAMILO, V. J. S, 2018.	135
Figura 119 - Telha de plástico como base para a telha de compósitos laminados. Foto de RAMILO, V. J. S, 2017.	135
Figura 120 - Aplicação do sisal cortado e dos fios de sisal para reforçar a telha. Foto de RAMILO, V. J. S., 2018.	136
Figura 121 - Cobrindo o experimento da Telha 3 com a gaze e dando acabamentos. Foto de RAMILO, V. J. S., 2018.	137
Figura 122 - Telha 3 em processo de cura. Foto de RAMILO, V. J. S., 2018.	137
Figura 123 - Colmos de bambus da espécie <b>Bambusa Vulgaris</b> , usados para construir a estrutura. Foto de RAMILO, V. J. S., 2018.	138
Figura 124 - Fixação dos pilares de bambu nas covas. Foto de RAMILO, V. J. S., 2018.	139
Figura 125 - União dos pilares com colmos de bambu, através de amarração usando o sistema de torniquete. Foto de RAMILO, V. J. S., 2018.	139
Figura 126 - Inclinação recomendada para sistemas de coberturas convencionais, usando a telha Fibrotex. Fonte: Catálogo do Centro	

deTreinamento da Brasilit.	140
Figura 127 - Fixação dos triângulos no alto da estrutura para dar inclinação à queda da água de chuva. Foto de RAMILO, V. J. S., 2018.	140
Figura 128 - Amarração das ripas sobre o triângulo. Foto de RAMILO, V. J. S., 2018.	141
Figura 129 - Estrutura de bambu pronta para receber as telhas. Foto de RAMILO, V. J. S., 2018.	141
Figura 130 - Colocação das telhas 2 e 3 na estrutura de bambu. Foto de RAMILO, V. J. S., 2018.	142
Figura 131 - Telhas 2 e 3 colocadas na estrutura de bambu para Testes em área externa. Foto de RIPPER, L. A., 2018.	142
Figura 132 - Galhos e folhas que caíram das árvores e perfuraram as telhas, contribuindo para a infiltração da água de chuva e desintegração do material compósito. Foto de RAMILO, V. J. S., 2018.	145
Figura 133 - Quebra do triângulo, que contribuiu para a deformação e desintegração da telha com infiltração da água de chuva. Foto de RAMILO, V. J. S., 2018.	146
Figura 134 - Furos feitos nas telhas devido à queda de galhos. Foto de RAMILO, V. J. S., 2018.	146
Figura 135 - Telha com água da chuva infiltrada. Foto de RAMILO, V. J. S., 2018.	147
Figura 136 - Corpos de prova concebidos durante o mestrado, lmersos em água para testes.	148
Figura 137 - Telhas desintegradas pela infiltração da água da chuva e pela queda de galhos da árvore. Foto de RAMILO, V. J. S., 2018.	149
Figura 138 - Serragem de madeira, barro hidratado e cola branca. Foto de RAMILO, V. J. S., 2018.	151
Figura 139 - Telha feita com serragem de madeira, barro hidratado e cola branca. Foto de RAMILO, V. J. S., 2018.	152
Figura 140 - Espessura da Telha 4 com aproximadamente 1 cm. Foto De RAMILO, V. J. S., 2018.	152
Figura 141 - Impermeabilização da Telha 4: viscosidade e rendimento	

da resina. Foto de RAMILO, V. J. S., 2018.	153
Figura 142 - Barro hidratado, polpa de papel e sisal para a produção da Telha 5. Foto de RAMILO, V. J. S., 2018.	153
Figura 143 - Produção da Telha A. Foto de RAMILO, V. J. S., 2018.	153
Figura 144 - Cura da Telha A. Foto de RAMILO, V. J. S., 2018.	154
Figura 145 - Materiais usados para o desenvolvimento da Telha B: barro hidratado, polpa de papel, raspas de bambu e cola. Foto de RAMILO, V. J. S., 2018.	155
Figura 146 – Acomodação dos materiais sobre a gaze industrial para a Telha B. Foto de RAMILO, V. J. S., 2018.	155
Figura 147 - Telha B em processo de cura. Foto de RAMILO, V. J. S., 2018.	155
Figura 148 - Fibras da Tamareira. Foto de RAMILO, V. J. S., 2018.	156
Figura 149 - Telha C desenvolvida com fibras da Tamareira. Foto de RAMILO, V. J. S., 2018.	156
Figura 150 - Telha C em processo de cura. Foto de RAMILO, V. J. S., 2018.	157
Figura 151 - Materiais para a Telha D. Foto de RAMILO, V. J. S., 2018.	157
Figura 152 - Telha D em processo de cura. Foto de RAMILO, V. J. S., 2018.	158
Figura 153 - Telha E em processo de cura. Foto de RAMILO, V. J. S., 2018.	158
Figura 154 - Telha F em processo de cura. Foto de RAMILO, V. J. S., 2018.	159
Figura 155 - Planta que ilustra a arrumação das telhas sobre a Estrutura de bambu. Foto de RAMILO, V. J. S., 2019.	160
Figura 156 - Vistas frontal e superior das telhas na estrutura de bambu para testes. Foto de RAMILO, V. J. S., 2018.	160
Figura 157 - Vista de baixo das telhas na estrutura de bambu. Foto de RAMILO, V. J. S., 2018.	161
Figura 158 - Garrafa pet furada fixada na estrutura de bambu, através de amarração. Foto de RAMILO, V. J. S., 2018.	161
Figura 159 - Garrafa pet fixada embaixo da telha para medir a	

quantidade de água da chuva que caiu no dia. Foto de RAMILO, V. J. S., 2018.	163
Figura 160 - Garrafa pet coletou 770 ml de água de chuva. Foto de RAMILO, V. J. S., 2018.	163
Figura 161 - As Telhas 4, A, B, C e D respectivamente, apresentaram infiltração e inchaço. Foto de RAMILO, V. J. S., 2019.	163
Figura 162 - Telhas E e F apresentaram moderada infiltração de água. Foto de RAMILO, V. J. S., 2018.	164
Figura 163 - Destruição de algumas telhas, após o vendaval que atingiu o Rio de Janeiro em 07/02/2019. Foto do doutorando em Design, ElvertDurán, 2019.	164
Figura 164 - Estrutura de bambu com as telhas atingidas pelo galho. Foto de RAMILO, V. J. S., 2018.	165
Figura 165 - Quebra da tesoura ocorrida pela queda do galho. Foto de RAMILO, V. J. S., 2018.	165
Figura 166 - Telha 4 se desintegrando, após o vendaval. Foto de RAMILO, V. J. S., 2018.	166
Figura 167 - Telhas A e F parcialmente destruídas pelo vendaval. Foto de RAMILO, V. J. S., 2018.	166
Figura 168 - Telhas B, C, D e E resistiram ao vendaval com algumas avarias. Foto de RAMILO, V. J. S., 2018.	167
Figura 169 - Telha 19.1 em processo de cura. Foto de RAMILO, V. J. S., 2019	168
Figura 170 - Goma Laca em lascas para ser diluída em álcool, para impermeabilizar superfícies porosas, tais como cerâmicas, madeiras, papelão e gesso. Foto de RAMILO, V. J. S, 2019.	169
Figura 171 - Goma Laca diluída em álcool para impermeabilização. Foto de RAMILO, V. J. S., 2019.	169
Figura 172 - Telha 19.1 impermeabilizada com goma laca. Foto de RAMILO, V. J. S., 2019.	169
Figura 173 - Telha 19.2 em processo de cura. Foto de RAMILO, V. J. S., 2019.	170
Figura 174 - Telha 19.2 em processo de impermeabilização com Goma Laca. Foto de RAMILO, V. J. S., 2019.	170

Figura 175 - Telha 19.3 em processo de cura. Foto de RAMILO, V. J. S., 2019.	171
Figura 176 - Telha 19.3 impermeabilizada com goma laca em processo de cura. Foto de RAMILO, V. J. S., 2019.	171
Figura 177 - Telhas 19.2 e 19.3, após o processo de cura. Foto de RAMILO, V. J. S., 2019.	172
Figura 178 - Telha 19.4 em processo de cura. Foto de RAMILO, V. J. S., 2019.	172
Figura 179 - Figura 19.4 impermeabilizada com goma laca. Foto de RAMILO, V. J. S., 2019.	173
Figura 180 - Telha 19.5 em processo de cura. Foto de RAMILO, V. J. S., 2019.	173
Figura 181 - Impermeabilização da Telha 19.5 com goma laca. Foto de RAMILO, V. J. S., 2019.	173
Figura 182 - Telha 19.6: Modelo de telha entre os modelos Canudo e Lusa. Foto de RAMILO, V. J. S., 2019.	174
Figura 183 - Molde triangular que recebeu a massa de compósitos destruída pela chuva. Foto de RAMILO, V. J. S., 2019.	174
Figura 184 - Polpa de Papelão e Cola CMC para a produção da Telha 19.7. - Foto de RAMILO, V. J. S., 2019.	175
Figura 185 - Massa de barro hidratado com polpa de papelão. Foto de RAMILO, V. J. S., 2019.	175
Figura 186 - Telha 19.7 sendo produzida com reaproveitamento de material. Foto de RAMILO, V. J. S., 2019.	176
Figura 187 - Telha 19.7 em processo de cura. Foto de RAMILO, V. J. S., 2019.	176
Figura 188 - Telha 19.7 sendo impermeabilizada com goma laca. Foto de RAMILO, V. J. S., 2019.	176
Figura 189 - Telha 19.8 secando, até a impermeabilização. Foto de RAMILO, V. J. S., 2019.	177
Figura 190 - Impermeabilização da Telha 19.8 com goma laca. Foto De RAMILO, V. J. S., 2019.	177
Figura 191 - Placa Plana medindo 1,30 X 1,50 m. Foto de RAMILO, V. J. S., 2018.	178

Figura 192 - Espessura da placa plana medindo aproximadamente 0,4 mm. Foto de RAMILO, V. J. S, 2018.	178
Figura 193 - Tijolos feitos com barro hidratado, sisal, polpa de papelão e cola CMC. Foto de RAMILO, V. J. S, 2018.	179
Figura 194 - Reconstrução do triângulo do lado direito da estrutura, que apoia as telhas e direciona a queda da água de chuva. Foto de RAMILO, V. J. S, 2019.	179
Figura 195 - Colocação das Telhas 19.1, 19.2, 19.3 e 19.5 sobre a estrutura de bambu reconstruída, iniciando da direita para a esquerda. Foto de RAMILO, V. J. S, 2019.	179
Figura 196 - Telhas 19.4, 19.7 e 19.8 compondo a segunda fileira Sobre a estrutura de bambu. Foto de RAMILO, V. J. S, 2019.	180
Figura 197 - Observação e avaliação das telhas, após a chuva do dia 11/03/2019. Foto de RAMILO, V. J. S, 2019.	180
Figura 198 - As telhas apresentaram boa resistência mecânica, após inspeção feita depois das chuvas. Foto de RAMILO, V. J. S, 2019.	181
Figura 199 - Desgaste da superfície impermeabilizada com goma laca pela ação do tempo. Foto de RAMILO, V. J. S, 2019.	181
Figura 200 - Telha 19.8 recebendo demão de goma laca, após a chuva. Foto de RAMILO, V. J. S, 2019.	182

## Lista de Tabelas

Tabela 1 – Relatório da Análise de composição química do solo da PUC/Rio.	107
Tabela 2 – Gráfico do Espectro do método EDXRF obtido para a amostra 01.	108
Tabela 3 – Corpo de prova 1: Barro (500 g) e Sisal (25 g).	114
Tabela 4 – Corpo de prova 2: Barro hidratado (500 g).	115
Tabela 5 – Corpo de prova 3: Barro hidratado (500 g) e Sisal (13 g).	116
Tabela 6 – Corpo de prova 5: Barro hidratado (500 g) e Sisal (25 g) sovados juntos.	116
Tabela 7 – Corpo de prova 6: Barro (500 g) e Raspas de Bambu trituradas (25 g).	116
Tabela 8 - Maiores acumulados de chuva no mês de Julho de 2018.	144
Tabela 9 - Menores acumulados de chuva no mês de Julho de 2018.	144
Tabela 10 - Dados sobre as chuvas e a temperatura do Rio de Janeiro, durante o ano de 2018. Fonte: <a href="http://clima.cptec.inpe/monitoramentobrasil/pt">http://clima.cptec.inpe/monitoramentobrasil/pt</a> .	145

## Anexos

Disponíveis em <https://www.facebook.com/vicente.jesudossantos>

Anexo 1 - Vídeo 01 – Experimento 1 – Meia esfera: Aplicando o barro sobre a gaze industrial, Aplicação do sisal sobre o barro e finalizando com aplicação da gaze. Vídeo de RAMILO, V. J. S., 2016. 93

Anexos 2 e 3: Vídeos 02 e 03: Experimento 2 – Bolacha: Aplicação do barro sobre a gaze industrial e aplicação do sisal sobre o barro e em seguida outra camada de barro. RAMILO, V. J. S., 2016. 95

Anexo 4: Vídeo 04 - Experimento 3 - Meia esfera – Aplicando o barro sobre a esfera. Vídeo de RAMILO, V. J. S., 2016. 97

Anexo 5: Vídeo 05 – Experimento 5 – Bolacha – Ensaio sem a gaze industrial. 101

Anexos 6, 7 e 8: Vídeos 06, 07 e 08 – Experimento 6: Bolacha – Aplicação do barro sobre a gaze, aplicando o sisal sobre o barro e finalizando o experimento com barro. Vídeos de RAMILO, V. J. S., 2016. 104

Anexo 09: Vídeo 09 - Triângulo quebrado devido ao excesso de peso provocado pela infiltração da água de chuva nas Telhas 2 e 3. Vídeo de RAMILO, V. J. S, 2018. 146

Anexo 10: Vídeo 10 - Telhas 2 e 3 infiltradas pela água da chuva. Vídeo de RAMILO, V. J. S, 2018. 148

Anexo 11: Vídeo 11 - Telhas 2 e 3 retiradas da estrutura, Desintegradas, após a infiltração da água de chuva em 17/09/2018. Vídeo de RAMILO, V. J. S, 2018. 149

Anexo 12: Vídeo 12 - Garrafa pet coletando a água de chuva. Vídeo de RAMILO, V. J. S, 2019. 162



Anexo 13: Vídeo 13 - Garrafa pet fixada na estrutura de bambu, sendo esvaziada da água de chuva em 04/02/2019. Vídeo de RAMILO, V. J. S, 2019.	162
Anexo 14: Vídeo 14 - Telha 4 se desintegrando em 11.02.2019. Vídeo de RAMILO, V. J. S, 2019.	165
Anexos 15 e 16: Vídeos 15 e 16 - Observação das telhas feitas com polpa de papel, após as chuvas de março de 2019. Vídeo de RAMILO, V. J. S, 2019.	179

# 1.

## Introdução

Os modos de vida do homem em relação ao habitat em que vive e a quantidade de objetos produzidos e descartados por ele atualmente evidenciam claramente a pouca ou nenhuma preocupação com o ciclo de vida destes objetos, tornando-se motivo de preocupação desta pesquisa, que chama a atenção para o uso de materiais encontrados na natureza como alternativa aos materiais existentes, quase todos industrializados, principalmente aqueles utilizados na construção civil, tais como o cimento, o ferro, o plástico e o vidro, que mobilizam grandes quantias financeiras, gastam grandes quantidades de energia e água e requerem centralização dos processos. Neste contexto, o campo do Design se estabeleceu no Brasil de acordo com a ótica do desenho industrial concebido nos países desenvolvidos, que prioriza a fabricação, distribuição e comercialização dos objetos em grande escala e a atividade projetual deixa de focar no ser humano para se dedicar ao consumo em massa. Atualmente, o homem busca alternativas, que possibilitem a substituição dos materiais produzidos pela indústria por materiais mais econômicos, salubres e ecológicos. Por conta disso, entre outros impactos, várias atividades locais são suprimidas, tanto em áreas urbanas, quanto em áreas rurais e materiais não renováveis são descartados, causando permanente poluição ambiental, contaminando o solo e a água. Com o advento das máquinas, o homem otimizou a produção de bens e serviços, promovendo transformações que o levaram à Revolução Industrial e consequentemente à mudança nos modos de vida.

Desde a sua origem, o homem utiliza os recursos naturais para viver e a necessidade de moradia sem dúvida é uma das mais importantes dentre as necessidades. O homem migrou do campo para a cidade, passando a viver em torno dos grandes polos industriais localizados nos centros urbanos, transformando as cidades em grandes concentrações urbanas, hoje denominadas de metrópoles. As grandes concentrações populacionais e a urbanização das cidades trouxeram consequências catastróficas para o meio ambiente, tais como a favelização de espaços e o desordenamento arquitetônico, impermeabilização do

solo com o excesso de concreto, desmatamento, acúmulo de lixo, falta de saneamento básico, poluição da água e do ar, trânsito, violência, etc.

### 1.1.

#### **A problemática habitacional sob as óticas do Design e da Geografia**

Neste tópico destaca-se a importância da relação existente entre as diversas áreas do saber, entre elas o Design, a Geografia, a Engenharia, a Arquitetura, entre outras, que trabalham juntas e contribuem sobremaneira para a compreensão da complexidade das mudanças econômicas, sociais, políticas e culturais que interferem na produção do espaço contemporâneo e no modo de vida do homem.

De acordo com LENCIONI, S. (2006), além de ser uma mediação necessária à reprodução do capital, o espaço se constitui muito mais num meio do que num lugar, ou seja, é como meio e não como lugar que o espaço garante a fluidez, o movimento do capital e a localização das empresas nos territórios.

[...] O espaço não é o lugar onde se colocam as coisas, senão, o meio pelo qual a posição das coisas é possível [...]. Merleau-Ponty (appud DUSSEL, 1988: 252)

Conforme LENCIONI (2006, p. 67), ao analisarmos uma imagem do século XVIII representando uma Inglaterra cinzenta e pobre onde despontavam fábricas movidas à máquina a vapor, na qual os canais de navegação e as estradas de ferro completavam o quadro de uma industrialização que se tornara desejo e projeto de muitos países, tanto quanto uma imagem da cidade de São Paulo do início do século XX com suas fábricas cuja maquinaria era impulsionada pela eletricidade e as estradas de ferro adentravam o interior; contém elementos como a máquina a vapor, a eletricidade, os canais de navegação e as estradas de ferro, que se constituíram em forças produtivas fundamentais ao desenvolvimento da produção capitalista. Segundo a autora, as forças produtivas possuem historicidade e enquanto umas são passageiras, outras são persistentes. Muitas se tornaram obsoletas, como a máquina a vapor, outras, como as estradas de ferro no Brasil, já não aparecem mais como condicionantes fundamentais para a reprodução do capital e outras, ainda são criadas ou renovadas, tais como as redes de informática, indispensáveis para a reprodução do capital contemporâneo, fundamentais para uma economia cada vez mais globalizada.

De acordo com CANO, W. e GUIMARÃES NETO, L. (1986), o Brasil, desde os tempos das economias mercantis escravistas, é um país em que o capitalismo se desenvolveu desigualmente, que pouco a pouco foi se transformando em “arquipélagos regionais” e que nos últimos cem anos sofreu intenso processo de formação de mercado interno, integrando economicamente regiões, com diferentes graus de desenvolvimento e constituição de uma estrutura complexa e hierarquizada. Os autores se referem a estas regiões fazendo uma alusão aos arquipélagos, como se fossem ilhas que se tornaram altamente populosas concentrando indústria e serviços, passando a se constituir em grandes núcleos econômicos com relações de governança centro periferia, contribuindo para o aumento da população e conseqüentemente para a urbanização.

Conforme DA SILVA, E. T. (2010, Mudanças na Dinâmica Populacional no Estado do Rio de Janeiro: Complexificação do Espaço Urbano - Rio de Janeiro um olhar Socioespacial, p. 345), o Brasil apresenta nos dias de hoje, um território articulado por um complexo sistema urbano-metropolitano, cuja estruturação do espaço se encontra bastante relacionado aos movimentos populacionais, passando também pela compreensão dos vínculos existentes entre o território urbano e as diferenças sociais nele manifestas. A metrópole se organiza a partir de um núcleo que articula espacial, econômica, política e culturalmente os núcleos urbanos a ele ligados, estabelecendo-se uma relação de dependência e/ou complementaridade, na qual, em geral, existe intensa conurbação entre os núcleos urbanos, apesar de haver diferenças na integração em cada região metropolitana.

Conforme GUICHARD, D. e SILVA, C. A. (2010, Tendências Contemporâneas da Relação entre as Cidades Médias e a Metrópole no Estado do Rio de Janeiro – Rio de Janeiro: um olhar socioespacial, p. 266), as mudanças ocorridas no mundo e no país nos últimos vinte anos marcaram profundamente o estado do Rio de Janeiro, no qual o contexto geral foi marcado pela implantação do modelo neoliberal-globalizante, caracterizado pela abertura de mercado, enxugamento da estrutura do Estado, privatizações e busca pelo aumento da fluidez do território, com a disseminação da técnica para maximizar a reprodução do capital, facilitando, assim, o deslocamento de capitais, mercadorias e informações. No entanto, apesar do intenso processo de urbanização pelo qual o mundo vem passando, ao longo dos anos, a nova ordem econômica do século

XXI, provocou intenso processo de modernização que ao mesmo tempo exclui, seleciona e porta em seu bojo mudanças qualitativas do urbano. Este fenômeno gerou imensas áreas urbanas, que CHOAY, F. (2004) denomina de “cidade difusa”, que empurra os pobres para as periferias dessas áreas, onde o preço da terra é mais baixo e, assim, acessível à população de menor renda.

Desde que o sistema financeiro sucedeu a indústria como atividade dominante, o processo de globalização tem contribuído para modificar o modo como é estruturado o território, segundo a teoria urbana, de acordo com HARVEY, D. (1992). O resultado disso tem sido o fortalecimento das metrópoles, que se tornaram pontos essenciais na economia contemporânea, tendo em vista a concentração de serviços especializados e de grande porte que permitem a conexão com outras metrópoles num mundo globalizado, caracterizando-se naquilo que SANTOS, M. (1996) denominou de “meio técnico” adequado à acumulação capitalista, disponível em grandes áreas urbanas.

Sob as diferentes óticas do Design e da Geografia, traz-se à tona a problemática habitacional atual decorrente dos processos de Urbanização<sup>1</sup> e Metropolização<sup>2</sup> ocorridos no mundo ao longo da história e mais especificamente no Rio de Janeiro, para que façamos uma reflexão sobre como as transformações

---

1 – Urbanização – Processo de ocupação populacional que se iniciou no século XIX, em cidades europeias, entre elas Londres e em colônias como os Estados Unidos, e que ganhou força no Brasil na primeira metade do século XX, no qual ocorreu intenso crescimento urbano-industrial, que produziu intensa transformação da sociedade burguesa capitalista, a chamada crise da metrópole industrial, que trouxe para o centro do poder a classe trabalhadora provocando um enorme crescimento e expansão daquelas metrópoles. (MONBEIG, P., 2004)

2 – Metropolização – Fenômeno urbano individual universal que tende a substituir a justaposição de territórios intra-urbanos e redes interurbanas por espaços metropolitanos que reúnem na mesma área urbana territórios e redes. (MONGIN, 2009.)

A condição urbana: a cidade na era da globalização, a metrópole contemporânea pode ser considerada uma espécie de tradução urbana da manifestação socioespacial da globalização, que apresenta uma forma territorial nova, que pode ser descrita como uma ampliação da metrópole moderna, herdada do processo de urbanização e industrialização, produto do processo de metropolização, que nada mais é do que uma metamorfose do processo de urbanização, que se desenvolve descontinuamente e em várias direções, correspondendo a um momento mais avançado do processo de urbanização, que imprime ao território características metropolitanas não importando o porte da cidade. (LENCIONI, 2006. Da Cidade e sua Região à Cidade-Região, p. 65 – 75)

econômicas, sociais e culturais, resultantes destes processos; influenciaram e transformaram as cidades do Brasil ao longo dos anos, mudando radicalmente a forma de construir em todo o planeta e em especial a arquitetura do Brasil, sobretudo para as populações menos abastadas, desde a mudança dos modelos econômicos escravistas do açúcar e do café para o modelo capitalista modelos econômicos escravistas do açúcar e do café para o modelo capitalista industrial; que introduziu processos mecanicistas, que vigoram até os dias atuais.

Diante das dificuldades decorrentes das transformações das cidades ao longo do tempo, é importante que pensemos em alternativas que minimizem o enorme déficit habitacional e a precariedade das moradias, existentes desde o Brasil colônia, tanto de áreas urbanas superpopulosas, quanto do meio rural e que também nos faça repensar sobre o uso massificado de materiais convencionais utilizados pela construção civil contemporânea, evidenciando a hegemonia da indústria em detrimento do uso de materiais naturais.

Diferentes campos do saber como Design, Arquitetura e Engenharia e vêm manifestando interesse na renovação de propostas de produção de objetos, baseando-se em processos que sejam mais econômicos e ecológicos e que minimizem esses problemas, reduzindo gastos energéticos e financeiros, diminuindo a geração de resíduos e promovendo a conservação dos recursos naturais utilizados. Seguindo esta linha de pensamento e atento a todos estes problemas relacionados à sustentabilidade do meio ambiente, esta pesquisa tem como princípio contribuir para o resgate de modos e fazeres tradicionais e para o aprendizado e repasse desses conhecimentos para gerações futuras e para a formação de cidadãos conscientes dos problemas ambientais pelos quais passa o planeta, se desenvolvendo a partir de metodologias participativas realizadas no LILD – Laboratório de Investigação em Livre Desenho do departamento de Artes e Design da PUC/Rio e em comunidades rurais urbanizadas<sup>3</sup> e da convivência com estes grupos, utilizando a terra crua, fibras naturais, o bambu e a resina vegetal.

---

3 – Comunidades rurais que ao longo do tempo sofreram grande influência da urbanização, mas que ainda mantém algumas tradições, tais como o uso de recursos regionais para a construção de casas e objetos de uso cotidiano.

O LILD dedica-se à elaboração de sistemas construtivos não convencionais e autônomos utilizando como referências as lógicas produtivas de parte de populações pré-modernas e a sua contribuição envolve o estudo científico e a disseminação de metodologias de Design que priorizem a conservação de matérias-primas locais, a economia energética e financeira, o reaproveitamento dos materiais, a inclusão de indivíduos voluntários e a valorização da cultura regional brasileira. Neste contexto, o meio acadêmico se apresenta como contexto geográfico favorável para a aplicação destas metodologias participativas, que se baseiam na autonomia destes grupos para a fabricação de objetos utilitários locais, de acordo com RIPPER, L. A. (2015).

A esfera local/regional é o ponto de partida para a concepção do design do objeto, definindo recursos materiais disponíveis, demandas de uso e aspectos culturais, determinando o caminho da pesquisa a ser percorrido.

Deste modo a metodologia de Técnicas e Convivências a qual se refere RIPPER, L. A. (2015), embora pouco tradicional na academia, se constitui em um importante modelo de ensino, no qual se privilegia o modo artesanal de produção na condução da pesquisa de um modo geral. Neste modelo utilizado pelo LILD, os professores-técnicos orientam os alunos-voluntários na concepção, construção e uso das estruturas adaptáveis de bambu, junto com o uso da terra em diversas aplicações. No que diz respeito a autoconstruções de estruturas adaptáveis, o LILD é referência, tendo inúmeros trabalhos científicos publicados, ao longo de sua existência, enfatizando o processo e consequentemente o desenvolvimento de modelos físicos e protótipos, na interação dos alunos entre si e na construção de objetos. O estudo e o desenvolvimento dessas técnicas a partir da convivência e interação entre pessoas de diferentes classes sociais e dos experimentos laboratoriais; contribui para o conhecimento científico e para o resgate e manutenção da sabedoria popular, na medida em que aumenta a possibilidade de criação de alternativas aos materiais convencionais usados na construção civil por materiais mais acessíveis, leves e econômicos, que possam interferir na redução dos recursos naturais e na degradação ambiental, causada pelo excesso de tecnologia imposta pelo modelo econômico, que prega o consumo desenfreado e descarte de resíduos.

De acordo com RIPPER, L. A. (2015, p.22) no modelo de modernidade o avanço técnico científico é um dos indicadores da noção de desenvolvimento em que vivemos; no entanto, se por um lado, esse avanço promove uma infraestrutura urbana, por outro, aumenta os problemas ambientais numa escala proporcional à da própria redução.

Num contexto como o das cidades, em que a quantidade de entulho e o material gerado se transformam em transtorno, o uso de elementos delgados, leves e de recomposição integral ao meio de onde se extraiu, pode reduzir a valores baixíssimos o impacto ambiental. O objetivo principal de absorver os conhecimentos tradicionais do homem do campo e mostrar a viabilidade de integrá-lo ao meio urbano, se faz claro, principalmente, nos experimentos pré-fabricados de fibroso.

Esta possibilidade construtiva resultante das abordagens iniciais simboliza a construção de uma fronteira de interlocução entre dois ambientes historicamente distanciados. Constrói uma das possíveis pontes de integração necessárias ao mundo do século XXI, e estabelece nesta fronteira a troca de informações e experiências. (CORREIA DE MELO, J. V. Congresso Brasileiro de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil, 2012).

A combinação de materiais nos experimentos desenvolvidos, junto com os conhecimentos adquiridos no LILD ao longo da pesquisa, geram alternativas para construções de sistemas estruturais de baixo impacto que compõem o repertório construtivo do laboratório, passível de aplicação em comunidades do meio rural e urbano, conforme a necessidade que se apresenta no momento, seja para uso em moradias permanentes ou moradias e estruturas temporárias itinerantes desmontáveis, utilizadas em exposições, feiras, congressos, workshops e seminários, na forma de domus, geodésicas, stands entre outras estruturas, todas construídas com bambu. Após as experiências realizadas no convívio com comunidades e dos ensaios e experimentos produzidos em laboratório, outros modelos foram produzidos com bambu e combinados com materiais naturais, gerando novas derivações que abrem a possibilidade de utilização desses materiais compósitos como vedação e revestimento de estruturas e também como telhas em sistemas de coberturas residenciais.

A pesquisa com compósitos derivados do fibrobarro procura relacionar o seu uso com os modelos produzidos artesanalmente e gerados a partir das



necessidades do laboratório e de demandas de atividades comunitárias e em experimentos isolados, através dos modelos em escala gerados no laboratório, que contribui sobremaneira o trabalho feito com as mãos, valorizando-o ainda mais. Neste contexto, é importante salientar na atual conjuntura social, política e econômica do país, que a regulamentação da profissão de artesão pelo governo brasileiro (Decreto Lei nº 13.180, 2015), reconhece, contribui e valoriza o trabalho artesanal e a pesquisa realizados pelo LILD, pois resgata o uso de técnicas particulares para a solução de problemas dos sistemas construtivos não convencionais e autônomos, se somando ao trabalho realizado pelos pesquisadores do nosso laboratório. Como artesão do bambu me sinto honrado pelo trabalho que desenvolvo com esta rica matéria prima, não apenas no campo do design e das artes, mas também na pesquisa científica. Embora a lei brasileira tenha regulamentado a profissão do artesão, ela ainda não havia feito o mesmo para a profissão de Design de Interiores. Somente em 15 de dezembro de 2016, o Presidente da República, sancionou a Lei 13.369, que garante o exercício da profissão. No entanto, antes da regulamentação de ambas as profissões, profissionais dessas áreas viviam se desentendendo, defendendo suas posições, quanto ao reconhecimento, perante o público e a lei, das suas profissões. No Brasil, o grupo que defende a regulamentação do Design, o descreve equivocadamente. O artesanato é vital para o Design, mas não é o Design. O Design é aquele que faz e sabe o que faz e o artesão é aquele que faz, mas pode não saber o que faz. O grupo que enviou a proposta para o governo brasileiro insiste em buscar no Design um conhecimento próprio dessa profissão, mas apesar do tempo, ainda não o encontrou, apesar da qualidade dos seus feitos, tanto acadêmicos, quanto naqueles que exercem a profissão, mesmo não tendo estudos sobre ela. O Design possui um predicado que resolveria esta questão no âmbito acadêmico, já que é uma área que escuta as outras áreas do conhecimento acessíveis na universidade, a ponto de formar grupos surgidos espontaneamente, para fazer coisas, independentemente da área de conhecimento, reforçando ainda mais a interdisciplinaridade entre as áreas do saber.

## 1.2.

### Tema

O tema central desta tese concentra-se no desenvolvimento de compósitos laminados feitos com matriz de terra crua e reforço de fibras naturais, através do resgate de técnicas construtivas que priorizam o uso de recursos locais e processos autônomos e sua produção local, por populações tradicionais e povos vernáculos. Desta maneira, a pesquisa desenvolvida pelo LILD identificou possibilidades de utilização da técnica do fibrobarro, tanto como revestimentos e vedações como no desenvolvimento de telhas para sistemas de coberturas em processos construtivos de estruturas temporárias feitas de bambu e também em sistemas de coberturas residenciais convencionais.

Esta técnica bioconstrutiva foi aplicada na construção de objetos de uso comunitário em pesquisas realizadas pelo LILD e mais especificamente no desenvolvimento de reservatórios de água, durante o meu mestrado, concluído na PUC/Rio em 2012. (A técnica do fibrobarro armado, aplicado na construção de objetos de uso comunitário. SANTOS, 2012). Estes compósitos continuam sendo utilizados em diversas combinações ao longo da pesquisa que está em desenvolvimento, tanto no LILD, quanto em comunidades rurais, sob a orientação do professor Ripper.

Como material construtivo, o fibrobarro é utilizado baseando-se em técnicas e métodos construtivos vernaculares, na qual as espessuras obtidas, em geral, são sempre superiores às espessuras obtidas nos compósitos laminados, pois necessita de uma estrutura para manter-se de pé, seja como paredes de alvenaria ou na forma de painéis de bambu ou madeira.

Ao longo do doutorado, venho aprofundando a investigação sobre os compósitos laminados derivados do fibrobarro, através de experimentos laboratoriais e de convivências comunitárias, que servem como ferramenta de ensino sobre técnicas para construção com terra crua, fibras e bambu, dando origem a novos compósitos.

Experimentos realizados durante o mestrado foram fundamentais para a continuação da pesquisa que trata do estudo e desenvolvimento de cascas feitas com pouca quantidade de terra crua, saturadas com fibras de sisal e

impermeabilizadas com resina polimérica vegetal, denominada de compósitos laminados. Objetos feitos com esse material, entre eles o capacete, apresentaram surpreendente resistência mecânica, gerando desdobramentos da pesquisa, conforme mostra a figura 1.



Figura 1: Capacete: Experimento feito com terra crua, fibras de sisal e resina polimérica de mamona, que deu origem a pesquisa com compósitos laminados derivados do fibrobarro. Foto de SANTOS, V. J., 2012.

A continuidade da pesquisa permitiu a identificação de possibilidades de utilização dos materiais compósitos concebidos nos experimentos, como revestimentos e vedações, tanto para estruturas adaptáveis de bambu construídas dentro e fora do LILD, como também para sistemas de coberturas residenciais e até mesmo como material estrutural, ou seja, material autoportante que não necessita de estruturas ou painéis de madeira ou bambu.

### 1.3.

#### **Problematização**

Apesar da demanda por práticas autoconstrutivas que utilizam materiais naturais ainda ser bem pequena, onde é possível verificar poucas atividades isoladas em âmbito regional e nacional, RIPPER, L. A. (2015, p. 27) destaca a necessidade de campo para experimentação, de acordo com a abrangência temática específica da sustentabilidade no campo do Design. Desse modo, num primeiro momento, foram identificados alguns problemas relacionados à pesquisa:

- Hegemonia dos processos construtivos atuais, que massifica do uso de materiais convencionais, que são ofertados com mais facilidade no mercado, imprimindo uma lógica que reduz o valor das múltiplas manifestações arquitetônicas brasileiras, tais como as indígenas, sertanejas e litorâneas, coloniais, entre outras; que reúne a sabedoria de povos autóctones e a de colonizadores no período pré-moderno, resultando em um hibridismo cultural, que continuam nos dias de hoje, demonstrando eficácia nos processos construtivos artesanais feitos com materiais pouco beneficiados disponíveis da própria região.
- Pouca aceitação de materiais não convencionais e resistência ao uso da terra crua como material construtivo.
- Durabilidade do material em estudo e a possibilidade de sua utilização em processos construtivos, que utilizam estruturas de bambu ou painéis de madeira.
- A não linearidade da pesquisa, que segue conforme o cruzamento de informações entre os diferentes estados em que o modelo em estudo se encontra, ou seja, cada estado possibilita a análise do material/objeto pesquisado, de acordo com as diferentes particularidades ligadas às características próprias que cada um desses estados possui. (CORREIA DE MELO, 2011.)

### 1.3.1.

#### **A não linearidade da pesquisa: Problema *versus* solução**

Num primeiro momento, a não linearidade da pesquisa pode ser entendida como um problema, mas na verdade ela permite identificar outras possibilidades de uso de determinado objeto. Para que possamos entender melhor o caminho percorrido ao longo da pesquisa, tomamos como exemplo aquele objeto que parecia esquecido em um canto do LILD, que em dado momento passa a ter outro significado e importância, ganhando outra função, diferente da primeira à qual se destinava, servindo de referência para novas pesquisas, visto que os objetos não estão fechados às funções as quais foram projetados, assim, outras especificidades podem ser geradas para atender novas demandas, conforme descreve ALVARES (2008), que julga ser importante despir os objetos de seus significados, previamente atribuídos, para, dessa maneira re-significá-los, atribuindo-lhes novos significados e funções.

CORREIA DE MELO, J. V. (2011, pag. 47), chama a atenção para a importância dos estados em que o(s) modelo(s) em estudo podem se situar em determinado momento da pesquisa, descrevendo-os como mental, mecânico, eletrônico e de uso. De acordo com o autor, o modelo físico permite a concretização de ideias e possibilita o surgimento de outras. O estado mental é o primeiro que ocorre, pois o modelo ainda está na mente do pesquisador. O percurso desta pesquisa estará relacionado com este estado; em contínua transformação com a aquisição de novas informações. Os estados de uso e mecânico referem-se aos objetos construídos que existem no mundo físico e a diferença entre eles é que os objetos no estado mecânico são construídos em escala, enquanto que os de uso estão no tamanho correto para uso. O estado mecânico foi abordado em dissertações e teses desenvolvidas no LILD, sendo esta metodologia de pesquisa a mais utilizada no laboratório atualmente, muito útil para o desenvolvimento de ensaios e modelos em escala usados na maioria das pesquisas. Cada modelo construído é tanto uma derivação ou evolução de alguma pesquisa anterior, como uma pesquisa inesperadamente nova. O acervo de modelos em escala do LILD descreve o caminho orgânico da investigação, e funciona como um registro vivo das pesquisas, já realizadas e das potenciais pesquisas futuras. A experiência de construção de um modelo em escala colabora e enriquece a pesquisa e o manejo dos materiais e a utilização dos sentidos (tato, olfato, audição, visão e até mesmo paladar), durante a sua construção, traz intimidade na relação objeto/pesquisador e o caminho trilhado durante a sua manufatura é importantíssimo, pois diversas decisões e derivações da pesquisa que podem surgir, acontecem durante este percurso.

No entanto, no estado eletrônico, quando este caminho é feito pela máquina, o pesquisador passa por outra experiência, muito diferente da já admitida, trilhando, portanto, novos caminhos, até então desconhecidos pelo laboratório, tal como o modelo gerado em computador e construído em escala, pelo professor Ripper, para representar a casa do pássaro “João de barro”.



Figura 2: Modelo gerado em computador representando a casa do “João de barro”. Foto de RAMILO, V. J. S., 2016.



Figura 3: Modelo feito artesanalmente com lâminas de bambu, representando a casa do “João de barro”. Foto de RAMILO, V. J. S., 2016.

Apesar da aproximação entre os métodos construtivos artesanais tradicionais e os modelos gerados eletronicamente, a pesquisa ainda se depara com outros problemas, tais como a grande massificação por materiais convencionais tais como o ferro, o cimento, o plástico, entre outros, e ainda, a pouca aceitação por materiais não convencionais, por conta do pouco conhecimento destes materiais, principalmente pela influência de interesses comerciais e políticos, impostos pelo capitalismo que prega a construção de um mundo sintético, mecânico e feito com tecnologias devoradoras de recursos naturais, que influenciam nas questões de sustentabilidade, tão em evidência hoje em dia, e mais especificamente nos esforços e ações para minimizar os gravíssimos problemas ambientais pelos quais passa o planeta. Infelizmente no Brasil, estas ações e esforços ainda são pontuais e insuficientes para mudar esta situação. O que se vê no dia a dia, nos lugares pelos quais andamos, dentro e fora do Rio de Janeiro, é um contínuo processo de desmatamento e ocupações irregulares, com intensa utilização de materiais convencionais, motivados por

interesses econômicos e políticos que continuam a influenciar o modo de vida das pessoas que vivem tanto nas cidades como no meio rural e o pouco uso de materiais alternativos, que nos faz pensar que, aqui no Brasil, o assunto sustentabilidade ainda está somente no discurso e as ações são diminutas e pontuais. Neste contexto, os processos construtivos estão de acordo com os objetivos do Design Industrial, no qual o Design atual foi forjado, que visa à racionalização do sistema produtivo, a propaganda e o consumo em larga escala, justificando o aparato técnico industrial elaborado, a exemplo do que disse FORTY, A. (2007) em seu livro *Objetos de Desejo*.

### 1.3.2.

#### **A contribuição do computador e a resignificação do objeto**

Embora o momento em que se encontra a pesquisa que se desenvolve atualmente no LILD se encaixe perfeitamente com o momento em que se encontram os processos artesanais no Brasil, o estado eletrônico contribui para a pesquisa, na medida em que são gerados modelos a partir do computador, conforme mencionado anteriormente. Estes modelos são aplicados com muita eficiência no laboratório, principalmente quando as formas a serem tratadas seguem padrões geométricos perfeitos. No entanto, estes modelos que existiam apenas virtualmente, agora podem ser traduzidos diretamente em modelos físicos precisos, graças às impressoras tridimensionais. Estes objetos possuem enorme potencial, quando suas funções são relacionadas aos modelos que se encontram em outros estados que não o eletrônico, ou seja, eles podem passar a ter outra função, que até então não imaginávamos, ganhando outro significado. Embora a pesquisa preconize o desenvolvimento de técnicas artesanais, o uso dessa tecnologia pode trazer mais agilidade aos processos construtivos, porém, ainda não existe reflexão sobre as consequências; benéficas ou não, que seu uso pode gerar, quando de sua utilização na pesquisa com compósitos laminados. Não há como negar que a utilização da modelagem de objetos em computador, através da impressão tridimensional, concomitantemente com estas técnicas artesanais, contribui para a pesquisa trazendo mais agilidade na obtenção de novos modelos e colaborando para desmistificar a utilização da terra e do bambu como algo velho,

arcaico e ultrapassado, sendo aplicada com muita eficiência e facilitando sobremaneira a reprodução de formas biológicas e geológicas encontradas na natureza, parametrizando estas formações, tentando reproduzi-las, através do uso dessa tecnologia, em modelos físicos precisos, tal com a bolha de sabão, reproduzida por CORREIA DE MELO (2012), através de fitas de bambu, seguindo modelo de computador, conforme é possível ver na figura 4.



Figura 4: A “Bolha”: Modelo desenvolvido no LILD por CORREIA DE MELO (2012), que utiliza lâminas de bambu. Foto de SANTOS, V. J., 2012.

#### 1.4.

#### Hipótese

A hipótese para a realização desta pesquisa é que com o desenvolvimento e utilização da técnica de laminação de materiais compósitos, originada do fibrobarro, possam ser gerados, através de suas combinações, materiais mais leves e aerados, tão resistentes quanto os materiais industriais tradicionais, representando uma forma alternativa a estes, para a utilização não apenas como cascas para revestimentos e vedações, mas também como material para desenvolvimento de elementos estruturais, sujeito a menores carregamentos, tais como telhas para uso em sistemas de coberturas residenciais, contribuindo para a desmaterialização dos produtos, implicando em uma mudança no papel do produtor e na própria ideia de produto, tal como no conceito apresentado por MANZINI (2008, p. 52), o que significa oferecer um conjunto de produtos e serviços que atenda à demanda de bem-estar usando-se o mínimo possível de recursos ambientais.



No campo da construção civil resultaria em sistemas construtivos leves, que utilizam muito menos matéria e energia. Tal conceito vai além do uso dos materiais e engloba todos os procedimentos do sistema construtivo, incluindo as etapas de fabricação e montagem, facilitadas pela simplicidade das ações e a moderada utilização de equipamentos sofisticados, e desse modo favorecendo a produção artesanal ou seriada, em pequenos polos de produção, reduzindo o deslocamento de objetos e pessoas.

A pesquisa com compósitos é uma oportunidade para ampliação do conceito de Design Social ou participativo, ou seja, aqueles encontros onde as pessoas envolvidas participam trabalhando em regime de mutirões realizados em comunidades, possibilitando a geração de um novo conceito em design de ambientes com a utilização de materiais alternativos menos poluentes, proporcionando uma forma diferente de visão e reflexão sobre o consumo e o descarte desenfreado de materiais, que levam anos para se degradar na natureza.

Com a temática da sustentabilidade crescendo nos anos 2000, o reconhecimento da profissão de artesão e com a criação da empresa Bambutec Design, grupo de pesquisadores formados pelo LILD, que dissemina o uso dessas metodologias construtivas para arquiteturas leves com bambu, a pesquisa com materiais naturais, ganha ainda mais força, preconizando o uso de técnicas de baixo custo e baixo impacto ambiental e processos artesanais de autoconstrução, com os voluntários privilegiando sempre uma escala local.

## 1.5.

### **Questão que norteia a pesquisa**

A questão que norteia esta pesquisa é a busca por soluções que minimizem o impacto ambiental causado pela industrialização e mais especificamente pela construção civil, que gera grande quantidade de entulho, estimulando o resgate de técnicas particulares por meio de processos construtivos que se voltam para o aproveitamento das possibilidades locais de produção, utilizando-se o solo cru, bambus, fibras naturais e habilidades artesanais, proporcionando a melhoria da qualidade de vida dos envolvidos. Conforme RIPPER, L. A. (2015), o contexto

acadêmico é favorável para a realização dessas atividades neste tipo de pesquisa com compósitos laminados derivados do fibrobarro, devendo reunir pessoas voluntárias disponíveis para o trabalho, materiais e ferramental necessários e demanda por arquiteturas de usos diversos.

Embora o contexto acadêmico seja possivelmente o mais indicado para o desenvolvimento da pesquisa, ela precisa estar em constante monitoramento, pois os dados referentes ao uso desses objetos arquitetônicos são fundamentais para identificação de questões que surgem a partir da interação homem/objeto, contribuindo também para futuras experiências.

## **1.6.**

### **Objetivo geral**

O objetivo geral da pesquisa é testar e inserir o material em processos construtivos não convencionais de baixo impacto ambiental, que utilizam estruturas artesanais leves e portáteis, feitas com bambu, como material de vedação e revestimento, bem como material estrutural sujeito a menores carregamentos, tais como sistemas de coberturas residenciais, sempre levando em consideração a dinâmica do meio físico e cultural brasileiro, e verificando a possibilidade de geração de alternativas mais acessíveis e baratas em relação aos materiais convencionais usados na construção civil e que contribuam para a redução dos recursos naturais e a degradação ambiental.

## **1.7.**

### **Objetivo específico**

A pesquisa tem como objetivo específico, desenvolver compósitos laminados utilizando materiais e mão de obra, locais, para serem usados como revestimentos e vedações e também como telhas artesanais em sistemas de coberturas residenciais, adequadas as necessidades locais e aos processos construtivos pontuais, procurando alternativas para a impermeabilização do material com substâncias atóxicas.

## 1.8.

### Referenciais teóricos

Adoto como referenciais teóricos os professores José Luiz Mendes Ripper e Luís Eustáquio Moreira, que desde 1989 vêm trabalhando juntos em atividades e escrevendo artigos e publicações sobre a metodologia de ensino de design de produtos; os pesquisadores oriundos do LILD/DAD/PUC como os professores Doutores, Walter dos Santos Teixeira Filho, João Victor Menezes Correia de Melo, Daniel Malagutti Campos e Fernando Betim Paes Leme do departamento de Arquitetura e Urbanismo; todos importantes referenciais na medida em que trabalhamos juntos no mestrado e trocamos experiências ao longo da pesquisa. Além dos pesquisadores mencionados, o alemão Gernot Minke, o egípcio Hassan Fathy e os brasileiros Günther Weimer e Raymundo Rodrigues da OIKOS Construções, que também trazem contribuem para a pesquisa, com seus trabalhos sobre arquitetura com terra crua. Outros importantes referenciais para a pesquisa, teóricos da arquitetura com bambu são o iraniano, engenheiro civil, Prof. Dr. Khosrow Ghavami, e o colombiano Prof. Oscar Hidalgo-López, prático com arquiteturas de bambu.

## 1.9.

### Metodologia

Ao longo de seus 30 anos de existência, as metodologias de design do LILD conduzem as pesquisas desenvolvidas pelos seus pesquisadores e são ditadas por suas premissas, ou seja, desenvolvimento de estruturas leves de pequeno porte, autoconstrução, processos artesanais com materiais pouco processados, disponíveis regionalmente e técnicas acessíveis.

De acordo com RIPPER, L. A. (2015, p. 31), a metodologia do LILD inclui um olhar particular sobre o design, considerando importantes na pesquisa dos objetos, os campos, situacional (laboratório) e cultural (campo/comunidades), assim como a participação de indivíduos que sejam voluntários no processo, além de um contexto geográfico favorável a essas atividades. Segundo o autor, estas características são importantes para que possamos compreender a lógica da

pesquisa de arquiteturas leves com bambu, realizada pelo LILD em práticas, tanto no campo situacional (laboratório), quanto no cultural (fora do laboratório, objeto em uso). Essas metodologias vêm sendo construídas e reconstruídas por esta lógica, num movimento cíclico, acumulando grande experiência, na pesquisa de técnicas e processos construtivos não convencionais com bambu e materiais naturais pouco beneficiados. A retroalimentação da pesquisa que ocorre com as idas e vindas dos objetos nos campos cultural e situacional possibilita o aperfeiçoamento estrutural das arquiteturas leves de bambu, a acessibilidade das técnicas construtivas, tal como acontece com a pesquisa com compósitos laminados, o detalhamento acerca das conexões, o dimensionamento dos bambus e a organização do processo artesanal de construção coletiva (autoconstrução).

Em consonância com o que foi exposto, buscou-se na metodologia dos experimentos exploratórios a estratégia para a condução da pesquisa com compósitos laminados, que segundo YIN, R. K. (2001) se assemelham aos estudos de caso exploratórios e na maioria das vezes se confundem com eles.

Embora os estudos de caso tenham inicialmente sido recomendados como estratégia para a condução da pesquisa, eles fornecem pouca base para se fazer uma generalização científica, já que fatos científicos raramente se baseiam em experimentos únicos, além de não serem encarados como uma forma de investigação se comparados aos experimentos, talvez pela falta de rigor.

### **1.9.1.**

#### **Estrutura da Tese**

O segundo capítulo contextualiza o uso da terra em várias regiões do planeta, desde tempos remotos, em processos construtivos no qual são apresentados conceitos que fundamentam a pesquisa que propõe o uso da terra crua e das fibras naturais para o desenvolvimento dos compósitos laminados derivados do Fibrobarro, as possibilidades de uso e as soluções que este material poderá trazer para contribuir para a minimização dos problemas ambientais causados pelos sistemas construtivos atuais. Aborda ainda, alguns tipos de arquiteturas brasileiras feitas com terra crua e fibras, que sofreram grande influência da cultura dos colonizadores e foram adaptadas a nossa cultura e

ditaram os padrões construtivos que perduram até os dias hoje, além das espessuras encontradas nas diversas técnicas mencionadas. Por fim, aborda o uso da terra crua no LILD em pesquisas acadêmicas.

O terceiro capítulo trata da Metodologia empregada pelo LILD, dos métodos, materiais e utensílios utilizados no LILD e a concepção dos experimentos iniciais. Trata ainda da terra usada na pesquisa, através da análise da composição química do solo obtido no campus da PUC, em testes realizados no laboratório de Química PUC/Rio, além dos ensaios para verificação da resistência dos compósitos no laboratório de Engenharia Mecânica da PUC/Rio.

O quarto capítulo trata do desenvolvimento de telhas feitas com compósitos laminados derivados da técnica do fibrobarro, para sistemas de coberturas residenciais e da metodologia empregada pelo LILD.

O quinto capítulo apresenta proposta arquitetônica provisória, construída para apoiar as telhas, permitindo a realização de testes com o material em ambiente externo, expondo-os as irregularidades das condições climáticas. A estrutura foi construída tanto servir como sistema de cobertura, como superfície apta para receber revestimento e vedação, através das técnicas de pau-a-pique, adobe, entre outras.

Por último, o sexto capítulo apresenta as conclusões, desdobramentos e recomendações para futuros trabalhos relacionados ao tipo de estudo proposto, objetivando dar continuidade ao desenvolvimento e uso desse tipo de material em processos construtivos.

## 2.

### Revisão bibliográfica

O uso da terra crua pelo homem na arquitetura vernacular foi uma prática comum durante toda a sua existência com técnicas e sistemas construtivos tradicionais, tais como pau-a-pique, sopapo, taipa de pilão, adobe, entre outras. Embora algumas construções estejam de pé até hoje, a terra crua é sensível às chuvas e em climas úmidos, muitas construções se perderam com o tempo.

Ao longo de sua existência, o homem acumulou saber empírico herdado de gerações de artesãos, mestres e artífices, que aos poucos foi sendo substituído pela industrialização e pela generalização dos materiais tecnológicos, promovendo alterações na organização do trabalho por conta da crescente especialização, fazendo desaparecer quase que por completo toda uma geração de homens que detinham o saber fazer integrado, acumulado e transmitido de geração para geração.

#### 2.1.

##### A Terra no mundo

Conforme MINKE (2001, p.13), as técnicas de construção com barro são utilizadas pelo homem há mais 9.000 anos e muitas culturas antigas utilizaram a terra na construção de moradias, fortalezas e obras religiosas. O autor cita como exemplos as moradias de terra descobertas no Turquistão, que datam de 8.000 – 6.000 a.C, alicerces de terra comprimida na Assíria que datam de 5.000 a.C, abóbodas construídas com adobes do templo mortuário de Ramsés II, em Gourná no Egito, há mais de 3.000 anos, mesquitas em Mali e Irã, também construídas com adobe, a grande Muralha da China construída com terra apilada, há mais de 4.000 anos, a Pirâmide do Sol em Teotihuacán no México, construída entre os anos 300 – 900, com 2 milhões de toneladas de terra comprimida. Achados da era do bronze demonstram que na Alemanha se usava o barro como material de recheio em paliçadas e tramas. Também conhecido como bajareque na língua espanhola, este tipo de material também foi utilizado em muitos países da Europa, tal como os muros de terra da fortaleza de Heuneberg, na Alemanha, que data do século 6 a.C. Construções de adobe existiram em quase todas as culturas pré-colombianas como o México, a América Central e a América do Sul. Segundo o

autor, a técnica do tapial se conhecia em alguns lugares e em outros foi trazida por colonizadores espanhóis. Muitas igrejas e prédios de tapial na América Latina e no Brasil possuem uma antiguidade de aproximadamente 300 anos. Entre os séculos 13 e 17 a terra foi utilizada em toda a Europa central como recheio de tramas de madeira e para cobrir telhados de palha, para torná-los mais resistentes ao fogo. Na França, entre os séculos 15 e 19, esta técnica foi denominada de “*terre pise*” e lá existem edificações com mais de 300 anos. MINKE (2001) cita François Cointeraux e Gilly David (1787), que difundiram a técnica de tapial pela Alemanha e arredores em 1793, como método de construção com terra, mais vantajoso. Mesmo muito antigas algumas dessas construções continuam preservadas, tais como as encontradas no sul na Tunísia, como pode ser visto na figura 5.



Figura 5: Construção feita com terra na Aldeia de Ksar-Ouled-Soltane, no sul da Tunísia, que se assemelha aos alvéolos das colmeias.

Fonte: <https://br.pinterest.com/pin/480337116501770840/>

De acordo com LEME (2008), as técnicas construtivas desenvolvidas a partir da terra crua, são utilizadas no mundo inteiro devido às suas origens milenares, ao fácil entendimento do processo de produção.

Segundo MINKE (2001, p.13) especialmente em quase todos os climas quentes/secos e temperados do mundo, a terra tem sido o material de construção que predomina. De acordo com o autor, 30% da humanidade vive em moradias de terra, e em países em desenvolvimento, este percentual sobe para mais da metade. Apesar da intensa industrialização, ainda não foi possível resolver imensas necessidades de habitações nos países em desenvolvimento com materiais industrializados como tijolos, concreto armado e aço, nem com técnicas de

produção industrializadas, pois não existem no mundo capacidades produtivas e financeiras para satisfazer esta demanda.

Conforme o artigo publicado por PISANI, M. A. J. (Taipas: A Arquitetura de Terra, 2004, v. 5, n. 1, p. 09-15), o termo taipa, genericamente empregado, significa a utilização de solo, argila ou terra como matéria-prima básica de construção; e sua origem provavelmente árabe do vocábulo, entrou para a língua portuguesa por influência mourisca. No artigo encontramos referências registradas pelos escritores sobre o processo construtivo do uso das taipas em Portugal e mais especificamente na região do Algarve, região que mais fez uso da Taipa, desde a presença romana, que traduz o uso da terra como o componente mais importante, além do uso de fibras naturais misturadas a terra para dar mais resistência ao material.

Na França o processo construtivo que utilizou terra é conhecido como "maçonnerie de pisé" ou "pisé" ou "terre pisé" que se assemelha à taipa de pilão e também da técnica "torchis", que emprega solo e palha seca, pois resiste mais a rachaduras por conter uma trama que dá maior resistência contra movimentações, tal como PISANI (2004), quando faz referência a ALBERNAZ e LIMA (1998), que citam a possibilidade de acrescentar outros componentes durante o amassamento, como a areia, a cal, o cascalho, a fibra vegetal e o estrume de animais.

MINKE (2001) destaca que as necessidades de habitação nos países em desenvolvimento só podem ser atendidas, utilizando materiais de construção locais e técnicas de autoconstrução. Nos países industrializados a exploração desmedida dos recursos naturais e a centralização dos sistemas de produção intensivos em capital e energia no solo, geram desperdícios e contaminam o meio ambiente, aumentando ainda mais o desemprego.

Tendo em vista a grave crise econômica pelo qual atravessa o país, é compreensível que a terra como material de construção possa representar alternativa mais barata, quando comparada aos materiais industriais usados nos processos construtivos convencionais. A falta de emprego e de salários compatíveis com a realidade, além da inexistência de uma política habitacional eficaz, que assegure um teto decente para o povo brasileiro, faz com que a população mais carente procure por alternativas de moradias mais baratas, que muitas vezes utilizam a terra em seus processos construtivos.



O planeta vem sofrendo ao longo de sua existência, grandes transformações e o consumo de recursos não renováveis, fruto de um processo anacrônico de apropriação do espaço esgota as fontes naturais da terra, tornando a relação homem *versus* terra praticamente insustentável.

## 2.2.

### A terra no Brasil e a Arquitetura vernacular

Na América latina, o Brasil é o país que apresenta maior patrimônio construído em taipa. Esta técnica abandonada há anos foi recuperada e está na base da arquitetura contemporânea brasileira que surge em diversos estados. A existência e disseminação desta técnica monolítica por todo Brasil, vem indubitavelmente da influência colonial Portuguesa durante trezentos anos, neste vasto território. As cidades de Ouro Preto, Mariana e Tiradentes; localizadas em Minas Gerais, são exemplos onde se encontra arquitetura dos anos oitocentos e novecentos elevada em técnicas de pau a pique, adobe e taipa de pilão (RODRIGUES, 2007, p.285-290). Para além das habitações a taipa ou taipa de pilão, terá sido utilizada enquanto técnica construtiva na elevação de igrejas, fortificações e edifícios públicos.



Figura 6: Casas em taipa de pilão, em Tiradentes, Minas Gerais. Foto de FERNANDES, M., 2006.

Durante o século XIX, diversos viajantes descrevem inúmeros edifícios em taipa assim como a construção de outros na mesma técnica, no estado de S. Paulo. As cidades de Campinas, Itu, Sorocaba, Itapetininga estão entre as mais mencionadas e edifícios como o Colégio da Companhia de Jesus em Piratininga e as Casas dos Bandeirantes no meio rural são descritos como construídos com esta técnica. Alguns exemplos deste último tipo são datados dos séculos XVII e XVIII

e foram construídas com paredes exteriores em taipa de pilão e interiores em pau a pique. Em alguns casos no estado de São Paulo e em três municípios distintos é possível citar exemplos como as Casas do Sítio Morrinhos, em Tatuapé, Sítio do Mandu, em Santana de Parnaíba e ainda a capela do Sítio Santo António. Independente da técnica utilizada, felizmente, ainda nos dias de hoje, encontramos de pé, construções feitas com terra crua e fibras, como é o caso da Fazenda Atalaia, situada na cidade de Amparo, São Paulo, que demonstra a qualidade do material em relação aos materiais produzidos pela indústria atualmente, conservando a tradição da técnica, passada de geração em geração, como é possível ver nas figuras 7 e 8.



Figura 7: Fazenda Atalaia em Amparo, SP, antes da restauração. Imagens do programa Globo Rural exibido em 07/05/2017.



Figura 8: Restauração da Fazenda Atalaia em Amparo, SP, feita com a técnica da taipa de mão. Imagens do programa Globo Rural exibido em 07/05/2017.

Outro estado brasileiro onde a construção em taipa predominou é o estado de Goiás, apesar de ser uma região rica em pedra. Edifícios públicos como a Casa da Câmara e a Cadeia são algumas habitações localizadas em Vila Boa de Goiás, que são exemplos de construções em taipa. Nos estados do Norte e Nordeste como

o Pará, Ceará e Baía a presença da taipa de pilão é também uma constante em edifícios históricos. Imóveis como o hospital de Belém no Pará, do século XVIII, assim como o Forte do Castelo e edifícios do antigo bairro da Graça em S. Luís do Maranhão, são exemplos de construções em taipa de influência portuguesa.

Os negros trazidos ao Brasil também conheciam processos construtivos que utilizavam a terra, pois algumas tribos empregavam estruturas preenchidas com barro, que apresentavam similaridades com as técnicas de algumas tribos brasileiras. Além da taipa, os africanos, também conheciam a técnica do adobe. Durante o início da colonização brasileira, todas as culturas componentes dominavam técnicas construtivas que utilizavam a terra como matéria-prima, que são utilizadas até os dias de hoje.

Segundo PEREIRA, V. e MARTINS, J. G. (2005, Reabilitação – Materiais e Técnicas Tradicionais de Construção), a designação de taipa provém do método usado, que tanto designa o material como a técnica de construção. Também conhecida como taipa de sopapo, taipa de sebe, barro armado ou pau-a-pique, a técnica consiste em uma ossatura de madeira ou bambu, formada por ripas horizontais e verticais amarradas com tiras de couro, cipó, barbante, prego ou arame, preenchida com uma mistura de terra, água e fibras.

Além das técnicas mencionadas, outras técnicas também surgiram com o decorrer do tempo, tais como adobe e superadobe, que são paralelepípedos feitos com barro cru com dimensões em torno de 0,20 X 0,20 x 0,40 cm, compactados manualmente, em formas de madeira, que nos primeiros dias são secos à sombra e, só depois, ao sol.

Em todo o planeta, desde a antiguidade, a chamada Arquitetura Vernacular está diretamente ligada à percepção de especificidade e de diversidade e diz respeito aos modos de construir em determinadas localidades a partir de materiais encontrados na região e, muitas vezes, utilizando técnicas passadas de geração em geração. Ela está intrinsecamente ligada aos conhecimentos populares do clima, dos materiais construtivos mais adequados, da disponibilidade desses materiais e da relação da construção com a localidade.

De acordo com PAPANEK (1995), normalmente a arquitetura vernacular é autoconstruída, baseando-se no conhecimento de técnicas e práticas tradicionais, de materiais locais, sendo apta ecologicamente, em harmonia com o clima local, a

flora, a fauna e o modo de vida do povo, seus desejos e anseios, dentro de uma escala humana, onde frequentemente o processo do edifício importa mais que o produto final dito. O método construtivo é a combinação de materiais, ferramentas e processos.

No Brasil, encontramos diferentes exemplos remanescentes significantes de arquitetura vernacular, frequentemente celebrada pelos etnólogos que a estudam e celebram como sinal espontâneo de vitalidade primitiva.

Entre os artigos e trabalhos revisados ao longo do doutorado, o artigo publicado por EDUARDO, A.; LEAL, D.; ENDO, M. A.; RODRIGUES, M.; ROBERTA FERREIRA, R. e ARRUDA, A. (A Arquitetura Vernacular das cinco Regiões Brasileiras. 2015, p. 6 - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul / UFMS - Cidade Universitária - Campo Grande, MS.), ilustra os diferentes tipos de arquitetura existentes em todas as regiões do país, desde o Brasil colônia.

### **2.2.1.**

#### **As casas flutuantes e as palafitas da região Norte**

A região Norte do Brasil é a mais extensa do país, medindo 3.869.637 km<sup>2</sup> totalizando sete estados: Acre, Amapá, Amazonas, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins. Além de ser a maior região territorial, nela estão localizados, os dois maiores estados do Brasil: Amazonas e Pará, respectivamente, regiões onde a floresta é densa, com árvores frondosas e altas, o que impõe uma barreira quase intransponível para o homem desprovido de tecnologia, como é o caso da população primordial não indígena. É uma região onde encontramos predominantemente casas flutuantes e casas no formato de palafitas, que são estruturas de madeira, erguidas sobre estacas, nas quais são construídas casas e toda uma rede de edificações, as quais permitem a moradia sobre rios de diferentes dimensões. Nas coberturas são utilizados diversos materiais, desde os industrializados (telhas metálicas ou de fibrocimento) até as coberturas feitas com folhas secas trançadas. Além das palafitas na região Norte, encontramos casas flutuantes em profusão, construídas sobre toras de madeiras adaptadas para boiar. Estas moradias são tradicionais das populações ribeirinhas da Amazônia e é a solução mais indicada para o clima e o relevo da região norte, regida por épocas de seca e cheia, onde percebemos o quanto são importantes, sobretudo nas cheias dos rios.



Figura 9: Casa flutuante da região Norte do Brasil. Fonte: <https://g1.globo.com/Amazônia/em/26/03/2019>.



Figura 10: Casa construída sobre palafitas da região Norte/Nordeste do Brasil. Fonte: <https://petcivilufjf.wordpress.com/2017/05/13/casas-de-palafita-a-alternativa-das-populacoes-ribeirinhas>.

### 2.2.2.

#### A taipa de mão da região Nordeste

A Região Nordeste é a terceira maior região do Brasil e possui nove estados: Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe. Assim como na região Norte, também encontramos na região Nordeste, construções sobre palafitas, além de casas construídas com taipa, adobe e palha.

Do ponto de vista histórico e econômico, o Nordeste brasileiro representa a primeira zona de povoamento criada pelos conquistadores portugueses, que iniciaram a colonização a partir do litoral nordestino, que favorecia a ocupação da região, dadas as melhores condições naturais que se apresentavam, como uma porção litorânea vastamente recortada, ideal para a navegação de cabotagem, e o relevo plano próximo ao mar.

O auge do cultivo da cana-de-açúcar ocorreu entre o final do século XVI e meados do século XVII e era baseado no sistema Colônia/Metrópole, que aos poucos, estruturou o comércio e o desenvolvimento das cidades nordestinas, principalmente na faixa litorânea, atualmente conhecida como Zona da Mata. O

início da interiorização da ocupação do Nordeste se deu com a prática da pecuária extensiva, ao longo do século XVII. Desse modo, o rebanho bovino, seguiu pelo Agreste, faixa transitória entre as áreas úmidas e as porções de clima seco, até alcançar o Sertão afastado da Zona da Mata para não comprometer a lavoura de cana. Como consequência disso, atualmente aproximadamente 60,6% da população nordestina está concentrada na faixa litorânea e nas principais capitais, enquanto que no sertão e interior, os níveis de densidade populacional são mais baixos, principalmente por causa do clima semiárido. Ainda assim, a densidade demográfica no semiárido nordestino é uma das mais altas do mundo para esse tipo de área climática. Embora todos os estados do Nordeste sejam banhados pelo Oceano Atlântico, o clima varia de acordo com o local, podendo ser semiárido, tropical úmido ou equatorial. Independente do clima, o trabalhador nordestino sempre dependeu das atividades exercidas na região, dentre elas a pesca, o comércio, a lavoura e a pecuária. Assim como em qualquer lugar do mundo e em outras regiões do país, sentiu a necessidade de construir e essas construções foram feitas a partir de elementos encontrados facilmente no local, que longe da técnica importada para a construção elaborada da época, satisfaziam as necessidades dos moradores. Na maioria dos casos as técnicas eram muito simples e se adequavam perfeitamente às condições de vida da época.

Do ponto de vista étnico, entre as influências construtivas encontradas na região Nordeste; destacamos as dos indígenas, que desenvolveram tecnologicamente suas construções usando materiais vegetais. Nestas construções percebe-se o uso da varanda coberta para fugir do calor, ou seja, estrutura a partir da uma extensão da cobertura em duas águas; o palafitamento para fugir da maré ou cheia dos rios; a utilização da cumieira como estrutura de telhado; a planta retangular baseada em sequências de três pilares, sendo os do meio, formadores da cumeeira; o uso de forquilhas no madeiramento de apoio da cobertura; a cobertura em camadas de palha seca; o trançado da palha do coqueiro, carnaúba e babaçu, e a ausência de divisões internas na casa, onde objetos e utensílios em uso determinam o ambiente. Nessa região, a casa é o domínio das mulheres e por isso, geralmente as plantas possuem dois acessos, uma única abertura e banheiro separado da casa, com piso elevado e livre de olhares por vedação.

Entre as contribuições trazidas pelos negros, destacam-se as construções com argila; plantas retangulares com cerca de seis por oito metros; casas

unifamiliares sem divisões internas, habitações rústicas e precárias, cobertas de palha; cobertas sobre pilares de madeira para uso dos homens da tribo, servindo para reuniões e trabalho; uso da taipa; beiral saliente com o objetivo de proteger a taipa das intempéries; presença de alpendre diante da casa e poucas e pequenas aberturas.

Finalmente, o legado deixado pelos brancos influenciou a construção de um modo geral, com o alpendramento das fachadas principais; espacialização do ambiente interno com cozinha e demais divisões internas; acabamento de fachada; elementos acessórios como portas e janelas, trabalhados e rebuscados; telha cerâmica e exacerbação do senso de privado.

Nesta região, os tipos de construções sempre levam em consideração como uma característica geral das edificações, o clima do local, a proximidade ou afastamento do litoral e o que se pode tirar da natureza com proveito e rápida trabalhabilidade. Observa-se que o meio ambiente é o fator determinante da arquitetura, dado os baixos recursos financeiros e construtivos, as difíceis formações geográficas como falésias e restingas e empecilhos como as grandes propriedades e as condições do meio, especialmente, a areia fina e móvel, o vento constante e erosivo, as chuvas, as tempestades e o regime das marés. Além disso, as dificuldades são impostas pelo ciclo da fauna pescada e coletada, pelo acesso à água potável, pelo mar, pela qualidade da madeira e do barro empregados como materiais de construção. Tais fatores levam à decisão de onde construir, como morar e ainda definem a duração dos edifícios. O aspecto fundamental das moradias é a proteção contra o sol e, principalmente, contra o vento com areia fina e a orientação da sala e dos quartos evita então o mar. Há poucas portas e janelas, com divisões internas em meias-paredes que permitem a ventilação por cima. Além dos beirais nas varandas, não raro aparecem anteparos verticais e o cascalho no piso ao redor da casa auxilia a fixar a areia fina. As fachadas são simples e, em muitos casos, sem janelas. Estas aparecem com folhas duplas de madeira, com dobradiças, ou com vedações em palha trançada, içadas como persianas. As portas, com porta e janela ao mesmo tempo, em certos lugares, são elevadas para não entrarem os animais, ou rebaixadas, em decorrência do tamanho do telhado que assume, assim, proporções “indígenas”.

Atualmente, encontramos o emprego da Taipa de Mão, do Ceará à Bahia e em regiões que se adentram ao sertão e onde há pecuária e embora esteja mais

adaptada ao meio, degrada-se rapidamente. A mesma arquitetura pode ser encontrada em outras pequenas comunidades dependentes dessa atividade e o princípio ainda é de usar os materiais locais para a construção, não raro, tendo a palha como revestimento e grandes beirais para proteger das chuvas e ventos. Encontrou-se o emprego, localizado, de lama do mangue na argamassa do pau a pique. A madeira pode ser roliça ou aparelhada com ripas vazadas ou com mata-juntas, por dentro ou por fora, pregadas, amarradas ou apoiadas com forquilhas. A palha, de coqueiro ou de buriti, é mais usada nos “ranchos”.

A mistura de terra local para a produção da taipa, a abundância de palmáceas, madeira aparelhada, madeira roliça e uma mistura de alvenaria com esses materiais, permitem que essas construções se adaptem ao meio sem muitos impactos.



Figura 11: Casa de taipa e cobertura de palha. Fonte: <https://www.pinterest.com/rfbergamo/casas-de-taipa/em> 02/05/2019.

### 2.2.3.

#### O pau-a-pique da região Centro-Oeste

Embora a região Centro-Oeste brasileira seja bastante extensa em território, possuindo área de 18,87% do nosso país, ela possui a menor ocupação populacional, com aproximadamente 6,85% do total, sendo, portanto, reflexo da recente urbanização, crescente no século XX, nos estados de Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e no Distrito Federal. Boa parte da ocupação dessa região foi destinada à agropecuária e agroindústria, pois se tornou a principal fonte financeira e econômica, também sendo de grande importância para o mercado brasileiro.



O relevo do centro-oeste caracteriza-se por terrenos antigos e aplainados pela erosão, responsável pelo aparecimento dos chapadões na região. O clima é tropical semiúmido com duas estações bem definidas: um verão quente, úmido e chuvoso e um inverno ameno e seco. Por sua vez, a vegetação caracteriza-se pelo predomínio do Cerrado, além do Pantanal a oeste e partes da Amazônia em boa parte do Mato Grosso.

Historicamente, a população indígena foi a primeira a ocupar o território, mais precisamente entre Brasil e Paraguai, sendo os únicos habitantes da região, antes da chegada dos colonizadores espanhóis, que ocorreu no século XVI.

A arquitetura local era primordialmente indígena e essa população se destacava nessa questão por utilizar produtos da floresta, principalmente madeira e folhas de palmeira na construção de suas ocas.



Figura 12: Aldeia Yawalapiti - Parque Indígena do Xingu - Mato Grosso. Fonte: foto de Thomas Edson, 1994, disponível em [https://img.socioambiente.org/d/281204-1/yawalapiti\\_8.jpg](https://img.socioambiente.org/d/281204-1/yawalapiti_8.jpg).

O território foi definitivamente anexado às terras brasileiras, na segunda metade do século XVI, quando os bandeirantes em busca de índios e metais preciosos o conquistaram, de acordo com o Tratado de Madri de 1750, formalizado entre Espanha e Portugal. No século XVIII, Portugal dividiu em capitanias Goiás e Mato Grosso, construindo também cidades além de seus limites, como Cáceres em Mato Grosso e Corumbá em Mato Grosso do Sul.

Ainda no século XVIII, a Taipa de Pilão foi o método construtivo preferido dos colonos paulistas e mineiros, constituindo boa parte da arquitetura popular tradicional de boa parte de cidades do estado de Goiás e Mato Grosso, como Pirenópolis e Cuiabá, entre outras.

Com o advento da República, no século XIX, ocorreu o povoamento da região do Pantanal e expansão da pecuária, que mais tarde se deu também em

Goiás. Em casas do Pantanal e próximas às margens de rios, percebe-se o uso da madeira e sua construção em palafitas, para evitar danos por conta das cheias dos rios.



Figura 13: Casa de Marechal Cândido Rondon à beira do Porto da Manga - Corumbá – MS. Fonte: [https://olhares.sapo.pt/casa\\_do\\_telegrafo\\_construcao\\_sobre\\_palafitas\\_foto\\_9422207.html](https://olhares.sapo.pt/casa_do_telegrafo_construcao_sobre_palafitas_foto_9422207.html).

A arquitetura do Centro-Oeste guarda grande semelhança com a arquitetura da região Norte e Nordeste do Brasil, mesmo com a influência de diversos povos; inicialmente com os índios em suas habitações tradicionais e posteriormente com a vinda de habitantes de outras regiões do país, principalmente do Sul e do Sudeste, e por europeus, colonizadores espanhóis e portugueses que colocaram em prática sua própria tipologia construtiva.



Figura 14: Casa construída com a técnica pau-a-pique em Serra Talhada, PE. Fonte: <https://pt.wikipedia.org/wiki/pau-a-pique> em 02/05/2019.



Figura 15: Casa de pau a pique no município de Barra do Bugres, Cuiabá, MT. Fonte: <http://redeglobo.globo.com/tvcentroamerica/noticia/2013/05/diario-de-bordo-e-bem-mt-quilombos-em-barra-do-bugres.html>, disponível em 09/05/2019.

#### 2.2.4.

#### A arquitetura do tipo enxaimel da região Sul

As diversas técnicas construtivas utilizadas na arquitetura vernacular da região sul, são o reflexo de todas as influências estrangeiras na arquitetura. A arquitetura do tipo enxaimel destaca-se na região sul, sendo uma técnica que consiste em paredes montadas com hastes de madeira encaixadas entre si em posições horizontais, verticais ou inclinadas, cujos espaços são preenchidos geralmente por pedras ou tijolos. Os tirantes de madeira dão estilo e beleza às construções do gênero, produzindo um caráter estético privilegiado, além da robustez e da grande inclinação dos telhados, características marcantes desse tipo de arquitetura. Na adaptação do enxaimel às características climáticas da região, foi necessária a implantação, por conta da elevada umidade local, de uma estrutura feita de pedra que sustenta as construções, isolando a madeira do solo.



Figura 16: Casa construída com a técnica de Enxaimel em Joinville, SC. Fonte: [https://angelinawittmann.blogspot.com/2015/08/levantamento\\_das\\_casas\\_enxaimel\\_projeto.html](https://angelinawittmann.blogspot.com/2015/08/levantamento_das_casas_enxaimel_projeto.html) em 02/05/2019.

A região Sul; formada pelos estados de Santa Catarina, Rio Grande do Sul e Paraná, é a menor das regiões do país, na qual predomina o clima subtropical, exceto o norte do Estado do Paraná, onde predomina o clima tropical. Porém, o clima apresenta grandes variações, sendo o responsável pelo registro das temperaturas mais baixas do Brasil no inverno, já que em alguns locais da região neva em determinadas épocas do ano devido a essas variações climáticas, como é o caso da região central do Paraná, do planalto serrano do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, onde são registradas as temperaturas mais baixas. Nas regiões de clima mais ameno, a vegetação típica é a floresta de araucárias, enquanto que em boa parte do Rio Grande do Sul, podemos encontrar extensas pradarias, ou campos naturais, chamados de “pampas” ou “campos sulinos”. A configuração do clima da região foi um dos fatores que fez com que a região sul do Brasil fosse o destino de grande parte dos imigrantes europeus; principalmente alemães e italianos que vieram para a região trazendo consigo seus costumes e tradições celebrados até hoje em festas típicas.

A principal atividade econômica da região sul é tradicionalmente a agropecuária, mas esta região também conta com um contingente bastante desenvolvido de indústrias, principalmente alimentícias e com a mecanização agrícola, que colocam a região no segundo lugar brasileiro em geração de renda, perdendo apenas para a região sudeste.

Outro exemplo de arquitetura são as casas Luso-Brasileiras, as quais tiveram suas origens no século XIX. Essas casas possuem telhado inclinado para frente e fundos do terreno, varanda na face frontal e, nos fundos, um acréscimo para a cozinha. Denomina-se luso-brasileira por apresentar implantação semelhante as das casas urbanas construídas no período colonial.



Figura 17: Casa Luso Brasileira, Antonina, PR. Fonte:

[www.nossolitoralaldoparana.com.br/atrativo/lista/1/1](http://www.nossolitoralaldoparana.com.br/atrativo/lista/1/1) disponível em 02/05/2019.

### 2.2.5.

#### Da arquitetura colonial às favelas da região Sudeste

Na região Sudeste do Brasil, em decorrência do grande número de habitantes, as cidades passaram por um imenso inchaço urbano a partir da Industrialização. Em decorrência disso, ocorreu o êxodo rural, que criou expectativas de melhoria de vida para grande parte dos brasileiros, especialmente vindos das regiões Norte e Nordeste, que acabaram aglomerando-se ao redor dessas indústrias. Contudo, grande parte desse contingente acabou se fixando nas periferias das cidades, devido à falta de emprego e de habitação. Desse modo, surgiram inicialmente os cortiços no período da Proclamação da República, em 1889, que mais tarde se transformariam nas favelas das grandes metrópoles brasileiras. Os cortiços faziam parte da cidade colonial e aos poucos foram desaparecendo com a reforma promovida por Pereira Passos, que pretendia apagar os vestígios desse passado colonial. Como as condições sanitárias eram praticamente inexistentes, essas estruturas foram demolidas na reforma. Sem ter outras opções de moradia os desabrigados, em sua grande maioria ex-escravos, foram obrigados a construir suas próprias casas, dando origem então, às favelas, tal como a favela do morro da Providência, dentre todas as existentes atualmente, a primeira a surgir.

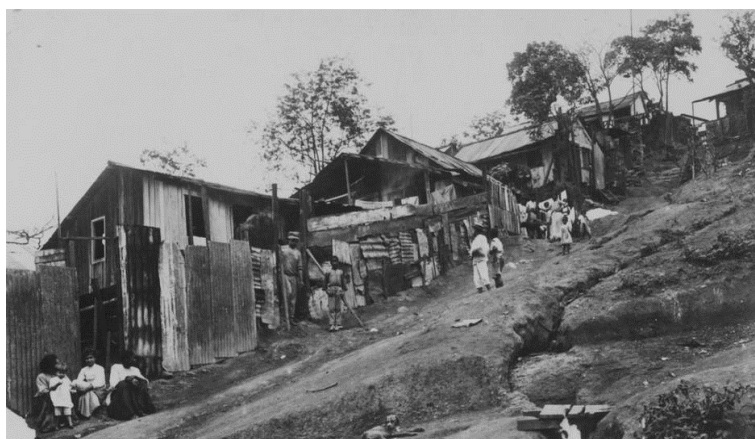


Figura 18: Morro de Favela, atual Morro da Providência, no Centro do Rio de Janeiro, 1912.

Fonte:

[www.controversia.com.br/blog/2017/03/15/primeira\\_favela\\_surgiu\\_ha\\_120\\_anos/disponível](http://www.controversia.com.br/blog/2017/03/15/primeira_favela_surgiu_ha_120_anos/disponível) em 02/05/2019.

As favelas passam a se constituir, através de um processo arquitetônico totalmente diferente da arquitetura tradicional empregada e do urbanismo contemporâneo, com uma estética diferente da estética da cidade dita formal e com características peculiares. As casas são, geralmente, construídas em mutirões com materiais de baixo custo e fáceis de serem achados, como por exemplo, tijolos furados aparentes, estruturas em concreto armado, esquadrias industrializadas, telhados de zinco e/ou amianto, pedaços de compensados industrializados, madeiras, latas, lonas, etc. No entanto, estas casas possuem como principal objetivo a moradia, cujas estruturas iniciais são precárias, que com o tempo vão sendo melhoradas através, de processo denominado bricolagem, ou seja, obras que nunca terminam, pois não possuem projetos feitos e estão em constante mudança e fragmentação.



Figura 19: Favela da Rocinha. Fonte: [https://odia.ig.com.br/rio\\_de\\_janeiro/2018/08](https://odia.ig.com.br/rio_de_janeiro/2018/08), disponível em 02/05/2019.

Por conta dos impactos causados ao planeta e consequentemente ao homem, a pesquisa com compósitos laminados tem como um dos seus objetivos tornar os processos produtivos mais eficientes, mais leves, apresentando produtos finais com conteúdo mais elevado de conhecimento e informações, contribuindo para aumentar a inteligência do sistema e para a sustentabilidade de um modo geral, que pode ser buscada por meio de uma multiplicidade de percursos, que segundo MANZINI e VEZZOLI (2008, p. 41), podem ser subdivididos em três famílias fundamentais: percursos na área de eficiência, de suficiência, e de eficácia. Todos estes percursos são contemplados, ao longo da pesquisa, que preconiza o uso de produtos limpos e recicláveis (percurso na área de eficiência);



biológicos e biodegradáveis (percurso da área de suficiência) e ecoeficientes, apresentando baixa intensidade de material (percurso da área de eficácia).

Toda essa preocupação com o meio ambiente traz à tona a questão da Sustentabilidade<sup>4</sup>, que vem sendo discutida com ênfase há algum tempo, por conta dos impactos ambientais causados ao planeta, pela civilização pós-industrial, tornando a manutenção dos sistemas ecológicos, praticamente inviável e por consequência da própria espécie humana.

Na pesquisa com compósitos laminados é possível dizer que, os percursos que enfocam a eficácia, caracterizam-se por uma forte desmaterialização da ecologia industrial; desmaterialização essa que tem por objetivo a redução do fluxo de matérias, no funcionamento econômico, contribuindo para o Desenvolvimento Sustentável, termo que foi definido pela Comissão *Brandtland* (ONU, 1987), que preconiza a importância da conservação e recuperação dos recursos ambientais, de forma a garantir o futuro das próximas gerações.

No Brasil, conteúdos específicos dos povos, tais como sua cultura, seu espaço geográfico, sua dinâmica social e seu meio ambiente, são ignorados pela tecnologia agroindustrial de larga escala e pela construção civil, que aplicam materiais e processos, insustentáveis do ponto de vista sócio ambiental, gerando miséria, doença e dor, de acordo com XAVIER, L. M., RIPPER, J. L. M., RIPPER, L. A., FONSECA e SILVA, M. e MOREIRA, L. E. (Sistemas Estruturais em Bambu e Terra Crua: Taipa na aldeia Sapukai, IC NOCMAT, 2007 – Maceió). Segundo os autores, em certos contextos específicos, tais como unidades de conservação, e populações tradicionais, é desejável um tipo de apropriação do espaço de baixo impacto, no qual se faz urgente a pesquisa acerca de formas de cooperação para a construção do abrigo, que respeitem as especificidades étnicas envolvidas, e com foco na sustentabilidade sócio ambiental dos produtos e processos desenvolvidos.

---

4 – Sustentabilidade – Relacionamento entre sistemas econômicos dinâmicos, e sistemas ecológicos maiores, também dinâmicos, embora de mudança mais lenta, em que: a vida humana pode mudar indefinidamente, os indivíduos podem prosperar, e as culturas humanas podem se desenvolver, mas em que os resultados das atividades humanas obedecem a limites para não destruir a diversidade a complexidade e a função dos sistemas ecológicos de apoio à vida. (CONSTANZA, 1991.)

## **2.3.**

### **A Terra no LILD**

No LILD – Laboratório de Investigação em Livre Desenho da PUC-Rio, a terra é usada em pesquisas acadêmicas, pelos seus pesquisadores e alunos, desde o seu surgimento. A terra é encontrada em abundância no campus da PUC e no laboratório, encontra-se armazenada no LILD em torrões, de onde é retirada e beneficiada, recebendo diferentes denominações conforme as pesquisas foram se desenvolvendo, tais como terra crua, solo, fibroso e finalmente de fibrobarro.

Ao longo dos anos, alguns autores oriundos do LILD, desenvolveram importantes pesquisas científicas, tais como: CÔRTEZ, C. A. L. - Construção de casa e pensamento com terra e bambu: utilizando a pesquisa e a produção material de um processo construtivo com materiais naturais para fins educacionais, 1999.; LEME, F. B. P. - Construção com fibroso: um estudo de caso sobre o resgate da técnica de taipa e seus efeitos no ambiente de clima tropical úmido com estação seca e chuvas de verão, 2003 e O Fibroso como pele para construção, 2008.; XAVIER, L. M., RIPPER, J. L. M., RIPPER, L. A., FONSECA e SILVA, M., MOREIRA, L. E. - Sistemas Estruturais em Bambu e Terra Crua: Taipa Contemporânea na Aldeia Sapukai. IC-NOCMAT - International Conference on Non-Convencional Materials and Technologies: Ecological Materials and Technologies for Sustainable Building, 2007.; ALVARES, L. R. - Cúpula Catenária de "Fibrobarro" estruturado com bambu - Concepção e Processo Construtivo, 2008.; XAVIER, L. M. - Taipa de Sopapo: Anacronismo ou Instrumento de Sustentabilidade na Mata Atlântica?, 2009.; SANTOS, V. J. - A técnica do "Fibrobarro" armado, aplicado na construção de objetos de uso comunitário, 2012.; TEIXEIRA FILHO, W. S. - Soluções Construtivas leves para arquiteturas de clima úmido, 2013.; CORREIA DE MELO, J. V. - V Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil, 2014.

### **2.3.1.**

#### **O Fibrobarro**

Atualmente, no LILD, o fibrobarro armado encontra-se em estado de aperfeiçoamento técnico, tanto no que diz respeito ao material, quanto nas suas



formas de utilização, seja nas atividades realizadas em comunidades ou nos experimentos desenvolvidos no laboratório. O material como o nome sugere é argamassa, feita com mistura de terra crua e fibras vegetais e é apropriado para ser feito com técnicas artesanais. Mão de obra e gestuais adequados são treinados em atividades realizadas em grupos em regime de mutirão, nos trabalhos de campo realizados em comunidades rurais urbanizadas. O fibrobarro é uma derivação do fibroso, quando usamos o solo com características mais argilosas; tratando-se de uma membrana enquanto em estado úmido, que após a secagem, se transforma em uma casca, placa ou folha. Quando reforçado com elementos delgados de bambu é um material que vem sendo utilizado em processos construtivos.



Figura 20: Barro e fibras de sisal, misturados até a saturação. Foto de RAMILO, V. J. S., 2016.

Dada as suas características, o que determina a originalidade do material apresentado é a possibilidade de construção de uma casca estrutural.

“O fibroso é um nome concebido com o propósito de responder a um material compósito, que associa terra crua com grande quantidade de fibra vegetal. Estas fibras participam nos compósitos de fibroso em uma dosagem, proporcionalmente, muito maior do que o comum das técnicas tradicionais que se utilizam de terra crua. Este nome deriva de uma série de investigações e experimentos realizados no LILD, que incorporaram conhecimentos tradicionais de construção com técnicas de laminação muito utilizadas no laboratório. Iniciado em 2001 este compósito passou a ser empregado com constância nos experimentos e construções desenvolvidos pelo laboratório, principalmente com a preocupação de garantir qualidade nos fechamentos dos espaços construídos.” (RIPPER J. L. M.; LEME, F. B. P.; CORREIA DE MELO, J. V.; 2014 – V Congresso de Arquitetura e construção com Terra no Brasil).

A combinação dos ingredientes, como eles se relacionam nas geometrias que o descrevem, tanto na argamassa em sua microestrutura, quanto nas ossaturas de reforço feitas de elementos delgados e treliçados de bambu, diferem dos materiais anteriores, já existentes, constituídos também de terra, fibras vegetais e bambu. As fibras entram em quantidades na argamassa de barro, até a sua saturação e em geral os experimentos começam com 80% da massa de barro hidratada e os 20% restantes, são as fibras que vão sendo incorporadas à massa gradativamente. A argamassa assim assume forma de manta com espessuras finas de casca de alguns milímetros, bem menores que as espessuras em cm das construções antigas, feitas de terra, que utilizam as técnicas de pau-a-pique, taipa de mão ou “sopapo”, taipa de pilão, adobe.

Ao longo de 2016 foram realizados experimentos com o objetivo obter amostras dos materiais compósitos derivados do fibrobarro, obtidos através da combinação do barro hidratado, fibras de sisal, folhas de bambu e de raspas de bambu triturado, além do uso do poliuretano vegetal para impermeabilização dos compósitos. Nos experimentos descritos a seguir, o barro atua como matriz cerâmica e as fibras atuam como reforço, conferindo maior resistência mecânica ao material.

Segundo LEME, (2003, p.55) o conceito de compósito<sup>5</sup> para este composto aplicado sobre uma estrutura armada permite a utilização destes materiais em elementos de vedação de grandes dimensões criando superfície apta a receber um elemento protetor. Como exemplo, podemos citar a construção do minhocário nas Hortas Cariocas do Projeto Germinando Vida, situada no bairro do Anil, Barra da Tijuca, zona oeste do Rio de Janeiro, entre os meses de abril e junho de 2011, em regime de mutirão, a partir da parceria dos alunos e pesquisadores do LILD e os funcionários, que ilustra bem o aproveitamento deste material como revestimento e vedação em estruturas de bambu, conforme é possível ver nas figuras 21 a 24.

---

5 – Compósito é um grupo muito particular de um conjunto de materiais distintos constituídos por uma base ou matriz (polimérica, metálica, cerâmica, etc.) que aglomera um reforço ou carga (fibras). (CALLISTER, Ciência dos Materiais, 2014.) (ALVARES, 2008, p. 30.)



Figura 21: Modelo reduzido do minhocário. Figura 22: Mutirão para construção do minhocário.  
Fotos de SANTOS, V. J., 2011.



Figura 23: Mutirão para revestir o minhocário. Figura 24: Minhocário revestido de "Fibrobarro".  
Fotos de SANTOS, V. J., 2011.

Na construção do minhocário, as pessoas aplicaram com as mãos na estrutura de bambu, a massa de barro previamente hidratado, sovada junto com as fibras, técnica empregada denominada de taipa de sopapo.

Como visto anteriormente, nas técnicas da taipa de pilão, da taipa de sopapo e do pau-a-pique, utilizam-se painéis de madeira ou bambu em que as espessuras variam entre 10 e 20 cm, diferentemente dos experimentos realizados para a obtenção dos compósitos laminados, que são bem mais finos quanto às espessuras encontradas nessas técnicas, tal como foi feito no minhocário.

Ao contrário do minhocário, a construção da estrutura de bambu só ocorreu, após o desenvolvimento das telhas com compósitos laminados, pois era necessário saber com antecedência, se o material como um todo seria suficientemente resistente e durável para ser utilizado como revestimentos e vedações, além de servir como material estrutural em processos construtivos e como telhas em sistemas de coberturas residenciais, quando submetidos a testes de carga.

### 2.3.2.

#### **Vantagens do uso da terra quando comparada a materiais industrializados**

Conforme LEME (2008), os registros sobre o uso da terra são inúmeros e apesar do seu aspecto quase artesanal, as construções em terra são extremamente vantajosas. Para além das questões de acessibilidade da matéria prima e do baixo custo produtivo, as propriedades do barro garantem conforto térmico tanto no inverno quanto no verão porque a umidade é mantida em níveis ideais. Ainda não podemos relevar o aspecto sustentável das construções em terra, que são facilmente reintroduzidas ao meio ambiente sem deixar resíduos nocivos, porém, segundo XAVIER, (2009, p. 26) apud CRATERRE (1988), as principais vantagens da arquitetura com terra crua são a sua disponibilidade, baixo custo, fácil assimilação por mão de obra não qualificada, bom desempenho climático, baixa exigência energética, resistência ao fogo e além de ser um material reutilizável não polui durante o processo construtivo.

Como material de construção, a terra possui diferentes nomes. Denomina-se barro a mistura com argila, limo (areia mais fina), areia, silte e agregados maiores como o cascalho. De acordo com MINKE (2001, p.16-23), a areia e o silte são agregados sem forças de atração, ou seja, são inertes, formados por rochas erodidas, enquanto a argila é o produto do intemperismo químico, e não apenas físico, possuindo forças que lhe conferem resistência à compressão, dependendo do tipo e quantidade de cátions disponíveis em seu complexo de trocas. A argila seca, em contato com a água, se expande tendo as suas estruturas laminares afloradas, que são envolvidas com uma película. O que ocorre é uma migração das zonas de alta umidade para as zonas de baixa umidade, o que se denomina de ação capilar. A distância interlaminar diminui em função das forças de atração eletrostáticas, quando ocorre a evaporação. A simples absorção da umidade pelo barro não é capaz de expandi-lo, mas sim pelo contato com uma grande quantidade de água, capaz de ativar suas forças de ligação. Nenhum outro material possui a capacidade de balancear a umidade do ar nos ambientes como o barro. Ainda de acordo com o autor, os primeiros 1,5 cm de uma parede de barro são capazes de absorver cerca de 300 g de água/m<sup>2</sup> em 48 horas, se a umidade do ar for repentinamente elevada de 50 para 80 %. A consistência do barro se altera à

medida que se vai acrescentando água, passando do estado sólido para o semi sólido, em seguida para o estado plástico e por último para o estado líquido. Quando se fala de blocos de terra argilosa feitos com a mão, se emprega em geral o termo blocos de barro ou adobe, quando se fala de blocos comprimidos se emprega o termo blocos de solo e quando são extraídos em uma olaria e não são cozidos, se emprega o termo tijolo cru.

Ainda conforme MINKE (2001, p. 39), a massa específica do barro varia de 1200 a 2200 kg/m<sup>3</sup>, sendo que esta propriedade física tem correlação diretamente proporcional com a resistência à compressão. Em sua tese de doutorado, TEIXEIRA FILHO (2013, p.145, Apêndice 1), encontrou 1979,50 KG/m<sup>3</sup> de massa específica.

De acordo com HOUBEN *et al* (1983), corpos de prova de adobe apresentaram valores de resistência à compressão diferentes, conforme o tipo de prensagem. Quando seco em autoclave, o material apresentou valores de 15kgf/cm<sup>2</sup>, enquanto que, quando seco ao sol, os valores apresentados foram de 5 kgf/cm<sup>2</sup>, para resistência à compressão e quando seco sob lona ou à sombra apresentaram valores na faixa de 10 kgf/cm<sup>2</sup>.

Quando comparados aos materiais de construção industrializados, o barro possui três desvantagens, conforme MINKE (2001, p. 16):

- Não é um material de construção padronizado, pois varia de um lugar para outro, e dependendo de onde for extraído, pode conter diferentes quantidades e tipos de argila, limo, areia e agregados.
- Contraí-se ao secar, através da evaporação da água.
- Não é impermeável.

Por outro lado, o barro possui algumas vantagens em relação aos materiais de construção industrializados, que são:

- Regula a umidade ambiental
- Armazena calor.
- Economiza energia e diminui a contaminação ambiental.
- É reutilizável.
- Economiza materiais de construção e custos de transporte.

- É apropriado para a autoconstrução.
- Preserva a madeira e outros materiais orgânicos.
- Absorve contaminantes.

### 2.3.3.

#### **Espessuras encontradas nas Técnicas Vernaculares e na Técnica para a obtenção de compósitos laminados**

Após a revisão do artigo que descreve as diferentes arquiteturas encontradas nas cinco regiões do Brasil, debruçamo-nos na revisão de alguns trabalhos publicados por inúmeros autores, que de uma forma ou de outra, se interessam por processos construtivos que utilizam a terra crua, procurando encontrar, nos diversos processos utilizados, as espessuras obtidas nas técnicas empregadas, que no momento é o que mais nos interessa.

Como visto anteriormente, sabemos que o homem utiliza a terra para construir, desde os primórdios, até os dias atuais e diversas técnicas de construção, tais como a taipa de pilão, a taipa de mão, o pau-a-pique, trazidas pelos portugueses, que as incorporam a arquitetura brasileira.

O artigo publicado por CARVALHO, T. M. P. e LOPES, W. G. R. (2012, A arquitetura de terra e o desenvolvimento sustentável na construção civil - VII CONNEPI – Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação), discute a possibilidade da arquitetura da terra contribuir para a sustentabilidade da construção civil, por tratar-se de um material que envolve menor consumo energético, gerar menos rejeitos e ter baixa emissão de poluentes e de apresentar excelente durabilidade, versatilidade e viabilidade econômica, além de sua importância histórico-cultural.

Neste ponto da pesquisa, destacam-se alguns trabalhos que tratam mais especificamente das espessuras encontradas nas técnicas construtivas empregadas no país, desde a colônia, mencionadas ao longo do trabalho, seja para o levantamento de paredes em blocos ou na forma de painéis de madeira ou tramas feitas com colmos e /ou lâminas de bambu.

Em recente revisão de literatura, não se encontrou nenhuma referência em particular, sobre a existência de regras específicas que determinam espessuras mínimas requeridas, tanto para processos construtivos que usam a terra crua,

quanto para a concepção de compósitos laminados industriais ou artesanais, porém TEIXEIRA FILHO (2013. p. 148) menciona em seu trabalho, o cálculo para a espessura de uma cobertura de fibrobarro, de modo que ela possa alcançar a transmitância térmica admitida pela ABNT (NBR 15220).

CÂNDIDO, G. M. e ALMEIDA, S. F. M., pesquisadores da Divisão de Engenharia Mecânica Aeronáutica do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (Processamento de Laminados de Compósitos Poliméricos Avançados com Bordas Moldadas - Polímeros: Ciência e Tecnologia, 2000, vol. 10, nº 1, p. 34 e 35), fazem referência a Laminação em Camadas, quando revisam a tecnologia de fabricação de peças estruturais de compósitos poliméricos avançados, mas não fazem referência quanto a exigência para obtenção de espessuras específicas para este processo. Os autores se referem ao processo de Laminação em Camadas, que deve ser feita em camadas, obedecendo às sequências de empilhamento particularizadas nas famílias de laminados simétricos, que compõem a matriz de testes ou o produto a ser obtido e que para a obtenção de bons laminados é imprescindível que haja a compactação de camadas com um rolo para a eliminação de saliências ou rugas e a fim de se evitar a retenção de ar ou desalinhamento das fibras.

É importante destacar que, após a revisão dos trabalhos e artigos de diversos autores, observou-se que, assim como PISANI (2004), outros tantos autores, tratam do emprego dessas técnicas construtivas, que utilizam a terra crua, quase sempre se referindo a uma estrutura principal, não raro com espessuras superiores a 10 cm, seja para levantamento de paredes em blocos, seja por apiloamento com as mãos ou com auxílio de Taipais, formas de madeira que sustentam o material durante sua secagem; ou ainda erguidos em placas de madeira ou bambu; tal como podemos ver no artigo de LOPES, W. G. R. e AKEMI INO, A. O. (Emprego da Terra Crua e de madeira de reflorestamento como materiais de construção - I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável - X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2004).



Figura 25: Construção de casa utilizando pilares fixados no solo, prontos para receber a estrutura do telhado. Foto de INO e LOPES, 2004.



Figura 26: Detalhe dos paus-a-pique colocados em cinta de concreto. Foto de INO e LOPES, 2004.



Figura 27: Colocação dos paus a pique. Foto de INO e LOPES, 2004.

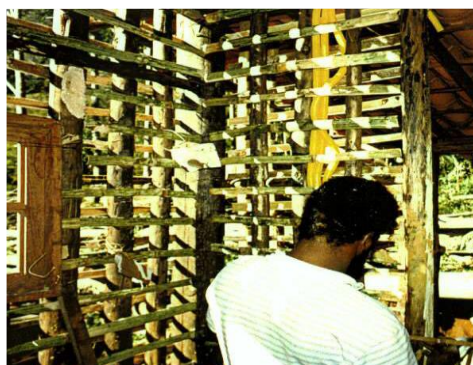


Figura 28: Colocação das madeiras horizontais da malha interna. Foto de INO e LOPES, 2004.



Em monografia apresentada no Curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, SILVA, É. O. (Arquitetura Popular de Terra Crua: suportes e argamassas de revestimento para edificações em comunidades quilombolas, 2015), faz referência ao estudo da arquitetura popular de terra crua, com enfoque nas argamassas de revestimentos e em seus suportes ou estruturas de apoio, argumentando que a terra é recurso abundante, barato, tem menor impacto ambiental que grande parte dos materiais industrializados e possui características que permitem o arranjo de diversas soluções construtivas, facilmente adequadas a diferentes realidades, principalmente, de comunidades com baixos recursos, mas também não faz nenhuma referência às espessuras obtidas nos processos empregados.

Seguindo essa linha de pensamento, BARROS, B. R. e SOUZA, F. A. M. (2007, IC NOCMAT 2007 – Maceió - International Conference on Non-Conventional Materials and Technologies), contextualizam em seu artigo a hegemonia do modelo do desenvolvimento urbano convencional, que provoca em todas as cidades problemas relacionados à contaminação do solo, água e ar; à acumulação de resíduos sólidos; aos caóticos padrões de crescimento; à redução de áreas produtivas; à degradação ambiental; ao aumento das desigualdades socioeconômicas; à perda da segurança alimentar e à pobreza. Exteriorizam ainda, suas preocupações com os problemas ambientais e a partir daí, estimulam padrões que repensem o desenvolvimento das cidades, através de práticas e processos construtivos com menor impacto ambiental, mais integrado à natureza e com maior responsabilidade social. No artigo, os autores não fazem nenhuma referência sobre as espessuras utilizadas nos processos construtivos, porém propõem a adoção de estratégias direcionadas à concepção de habitações de interesse social, objetivando não só o estudo, mas também a implementação de práticas, maximizando o aproveitamento dos recursos do sistema, tais como a prática da agricultura orgânica, o gerenciamento dos resíduos das habitações, tanto sólidos como orgânicos, a conservação das fontes de água e reutilização de águas pluviais e servidas e a adoção do bambu como elemento construtivo, através de práticas permaculturais, que visam à sustentabilidade socioambiental do espaço construído. Entretanto, é importante salientar neste ponto, que embora a proposta não mencione o uso da terra, apresenta uma alternativa diferente de

construir, que se encaixa em alguns pontos com a pesquisa do LILD, quando se faz uso do bambu como material construtivo.

O sistema de permacultura<sup>6</sup> proposto pelos autores desvela o momento atual e de certo modo vem de encontro com os objetivos do LILD/PUC, mais especificamente, no que diz respeito à pesquisa com estruturas de bambu, quando propõe a construção de um sistema modular de bambu destinado à habitação social. No artigo, os autores fazem uso de painéis modulados, que na verdade não contribuem para a redução das espessuras do material que os revestirão. Em geral, quando se faz uso de painéis, as espessuras do revestimento variam entre 10 e 20 cm, sendo sempre superiores as espessuras obtidas nos compósitos laminados desenvolvidos ao longo desta pesquisa.

O sistema proposto por BARROS, B. R. e SOUZA, F. A. M. (2007, p. 6) consiste na concepção de um sistema modular composto por painéis divisórios e de fechamento, módulos de cobertura, esquadrias, pilares e vigas, que pode ser obtido na forma de kit e montado com rapidez e simplicidade pelos próprios moradores. São propostos dezesseis modelos de painéis modulados, nos quais as diferenças básicas entre eles referem-se à ossatura, que pode ser de madeira ou de bambu; ao fechamento, de esteiras/revestimento ou bambus roliços; e à parte superior, com a adoção de bandeiras fixas ou pivotantes. Cada modelo pode variar em até oito tipos de painéis (painel cego, meio painel cego, painel janela, painel porta 0,86 m, painel porta 0,66 m, painel “L1”, painel “L2” e painel “T”), o que facilita a formação de diferentes “layouts” de moradias.



Figura 29: Vista frontal e lateral do sistema modular para habitação proposto por BARROS em 2007. Foto de BARROS, 2007.

---

6 - Permacultura - Sistema de design para a criação de ambientes humanos sustentáveis, sendo que a palavra Permacultura corresponde a uma combinação de permanente com agricultura/cultura. De acordo com Mollison e Slay (1998), a Permacultura trata não somente dos elementos plantas, animais, edificações e infra-estruturas, mas principalmente do relacionamento entre eles, visualizando o ambiente urbano como um ecossistema construído.

Por outro lado, ao analisarmos o artigo publicado por PROMPT, C. H. e BORELLA, L. L. (III Congresso de Arquitetura e Construção com terra no Brasil - Experiências em Construção com Terra no Segmento da Agricultura Familiar, 2010), verifica-se o uso da terra como material construtivo, mas também sem fazer qualquer referência a existência de regras que determinem espessuras, ao longo do processo construtivo.

No artigo, destaca-se a realização de atividades isoladas para as construções das casas, que fazem uso das técnicas de pau-a-pique, adobe, superadobe, hiperadobe, cordwood, entre outras, combinadas entre si, porém todas com espessuras superiores a 10 cm. Foram realizadas quatro experiências em diferentes localidades do estado de Santa Catarina, tais como Paial, Pinhalzinho, Descanso e Seara.

A primeira experiência foi realizada no município de Paial, localizado na região oeste do estado de Santa Catarina, com a construção da residência da família do agricultor Ademar Weirich através de um curso de capacitação em bioconstrução, na qual se usou uma área de 93 m<sup>2</sup> em que as fundações foram feitas com pedra local assentada com argamassa de cimento e areia, paredes externas em Superadobe, paredes internas de tijolos de solo-cimento, fabricados no canteiro e cobertura de telhas cerâmicas.



Figura 30: Antiga casa de madeira da família Weirich, em Paial/SC. Foto de PROMPT e BORELLA, 2010.



Figura 31: Reconstrução da casa da família Weirich, em Paial/SC, através da técnica superadobe. Foto de PROMPT e BORELLA, 2010.

A segunda experiência foi realizada na localidade de Pinhalzinho, SC, na residência do Sr. José Roque Bohn, com área de 63 m<sup>2</sup>, fundações com pedras do local assentadas com argamassa de cimento e areia, paredes externas com superadobe, paredes internas com madeira e a cobertura com telhas cerâmicas.



Figura 32: Casa da família Bohn em Pinhalzinho, SC, construída em Superadobe e madeira. Foto de PROMPT e BORELLA, 2010.

Na localidade de Descanso, foi realizada a terceira experiência, na residência do Sr. Itacir Turcato, que foi construída aproveitando uma área de 150 m<sup>2</sup>, onde as fundações foram feitas de concreto, as paredes externas em hiperadobe e pau-a-pique, as paredes internas em cordwood e a cobertura com telhas cerâmicas e telhado vivo.

A quarta e última experiência foi realizada na localidade de Seara, onde foi construída a residência do Sr. Altair Gross, aproveitando área de 150 m<sup>2</sup> com fundações utilizando pedras locais assentadas a seco e também com argamassa de cimento e areia, paredes externas erguidas em hiperadobe e pau-a-pique, paredes internas em cordwood e cobertura de telhas cerâmicas e telhado vivo.



Figura 33: Construção da casa da família do Sr. Altair Gross, Seara, SC em Abril/2010 com planta baixa e obra em andamento. Foto de PROMPT E BORELLA, 2010.

No artigo publicado por XAVIER, L. M., RIPPER, J. L. M., RIPPER, L. A., FONSECA e SILVA, M. e MOREIRA, L. E. (Sistemas estruturais em Bambu e terra crua - IC NOCMAT 2007 – Maceió - International Conference on Non-Conventional Materials and Technologies), pesquisadores do LILD - PUC/Rio e LASE/UFGM, que trabalharam em parceria na pesquisa científica, descrevem a experiência da equipe, em associação com a tribo dos Guarani Mbya do Bracuhy, situada em Angra dos Reis, RJ, na construção de elementos de vedação de baixo impacto feitos de bambu e terra crua.

A equipe do LILD – PUC/Rio vem atuando, em campo, na confluência das tecnologias tradicionais indígena e não-índia, com sistemas de baixo impacto em bambu e terra crua que visam minimizar o consumo de recursos naturais e potencializar as propriedades de rigidez e de resistência às intempéries, resgatando a técnica da taipa de sopapo, ou pau-a-pique, à luz dos conhecimentos desenvolvidos em laboratório. No artigo, os autores descrevem a experiência junto à tribo Guarani M'bya, que teve como objetivo a título de experiência, apresentar a tecnologia do LILD e construir junto com a tribo, cozinhas comunitárias, utilizando a taquara e o bambu, através da confecção de pantográficas, amarradas com fitas de pupunha, utilizadas como elementos de vedação, feitos de bambu, terra crua e fibras vegetais. Vale ressaltar que a pantográfica confeccionada com o auxílio dos M'bya serviu de estrutura tramada para ser revestida com barro.

Conforme RIPPER e MOREIRA (2007, p. 11), este tipo de sistema estrutural duplo, entrecruzado e invertido, apresenta um grau de rigidez notável, possibilitando um acoplamento adequado com a terra crua enriquecida com fibras a ser aplicada, minimizando o seu consumo em relação às tramas convencionais, configurando um sistema misto de excelentes propriedades físicas, no que tange à retração, e térmicas, no que tange à regulação atmosférica do ambiente que se deseja construir. No entanto, apesar do sistema proposto apresentar algumas vantagens, ele ainda conserva na sua essência as espessuras que confere ao material, potencialidades de uso estrutural, graças à ossatura de suporte.



Figura 34: Confecção de pantográfica com lâminas de bambu, junto com a tribo Guarani Mbya de Angra do Reis, RJ. Foto de RIPPER, L. A., 2007.

No encontro ocorrido, é possível perceber a interação entre a técnica de pau-a-pique utilizada pela tribo Mbya, na qual são usados elementos encontrados na região, tais como troncos de árvores, bambus e terra crua e a técnica do fibrobarro desenvolvida pela equipe do LILD. Convém lembrar que em ambas as técnicas, as espessuras encontradas foram sempre superiores às espessuras obtidas nos compósitos laminados, pois o material depende de uma ossatura, que manterá a construção de pé, tal como a pantográfica mostrada na figura 35.



Figura 35: Estrutura pantográfica construída com lâminas de bambu, em parceria com a tribo Mbya. Foto de RIPPER, L. A., 2007.

De acordo com RIPPER, J. L. M.; LEME, F. B. P e CORREIA DE MELO, J. V. (Terra Brasil - V Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil, Viçosa, MG, 2014), as espessuras obtidas, quando do emprego da



técnica do fibrobarro, são importantes no uso deste material na forma de cascas. A concepção e uso de elementos permitidos por este material, possibilitou entendimentos de limites estruturais e possibilidades mecânicas, ainda não consideradas nas construções de barro, principalmente, pela função mecânica das fibras adicionadas. Em material seco, foi aferida densidade média da ordem de  $1980 \text{ kgf/m}^3$ , em casca de fibra de sisal, com espessura final média, em torno de 9 mm, segundo LEME (2008) e TEIXEIRA FILHO (2013).



Figura 36: Início do revestimento da Pantográfica com barro. Foto de RIPPER, L. A., 2007.

Como material construtivo, as cascas feitas com compósitos laminados, derivados da técnica do fibrobarro, é um material inovador, devido às espessuras obtidas serem bem menores, além de ser mais leve e aerado, o que possibilita desenvolver elementos estruturais submetidos a carregamentos menores, tais como caixas d'água, divisórias e telhas. Segundo LEME (2008, p. 85), as cascas em fibrobarro possuem papel fundamental na ponte entre o desenvolvimento tecnológico e o envolvimento social. Pensando dessa forma, os desdobramentos da pesquisa com compósitos laminados somente ocorrerão e terão sua relevância estabelecida, desde que haja envolvimento natural ao contexto que se encontra o objeto de estudo, seja no meio acadêmico ou na comunidade, buscando tal como o autor em sua pesquisa, abordagens cognitivas nas técnicas empregadas, nos gestos técnicos, no linguajar, nos processos e nas representações gráficas.

### 3.

## **Materiais e métodos para desenvolvimento de compósitos laminados**

Neste tópico abordam-se os materiais e os métodos usados na pesquisa, que inicialmente baseou-se nos estudos de caso como estratégia para a sua condução, que segundo YIN, R. (2001, p. 27) é a mais recomendada para este tipo de pesquisa, em que são realizados vários experimentos em um processo contínuo na busca do objeto almejado. Contudo, a metodologia adotada foi a das aproximações sucessivas, por se tratar de metodologia muito particular do LILD, embora não seja encontrada na literatura científica e por isso muitas vezes é mal compreendida por alguns autores.

Como ponto de partida, a pesquisa teve início com a realização de experimentos entre os meses de janeiro e fevereiro de 2016, sempre buscando condições favoráveis para a sua execução, identificando demandas que satisfaçam determinados contextos, procurando reunir os elementos necessários para a execução de ações locais, tais como pessoas voluntárias, materiais locais e ferramental necessário, baseando-se na observação, constituição e monitoramento dos objetos, através de modelos físicos produzidos em escala, além de procedimentos adequáveis à concepção de novos sistemas estruturais na Arquitetura, Engenharia e Desenho Industrial, tal como descrevem RIPPER, J. L. M. e MOREIRA, L. E., (2004, 12 p.). Tal abordagem aprimora o desenvolvimento das habilidades artesanais e mecânicas no trato e no desenvolvimento da matéria disponível. (CORREIA DE MELO, 2011).

Denominou-se de vivências e convivências<sup>7</sup> os encontros realizados em comunidades, para o atendimento de suas demandas. Nestes encontros são replicados experimentos desenvolvidos em laboratório, nos quais as atividades são executadas em regime de mutirões e as pessoas são convidadas a participar, desde

---

7 – Proposta não-formal de descolarização da educação e da sociedade promovida pelo pensador e pedagogo dos anos 60, Ivan Illich em “Teias de Aprendizagem” (ILLICH, 1985a, p. 123), na qual ele critica a instituição escolar tradicional e o modo de produção selvagem que o sistema capitalista impõe, denunciando mazelas, mas também apontando soluções para a crise e preocupando-se também com a crescente institucionalização e a dependência cada vez maior do homem em produtos industrializados.



a escolha da estrutura a ser construída, até a aplicação do barro e a esses encontros, reunindo mão de obra e materiais locais.

### 3.1.

#### **Metodologia do LILD**

De acordo com a metodologia de Técnicas e Convivências empregada pelo LILD, não raro, também denominamos esta metodologia como aproximações sucessivas, ou seja, a sequência de experimentos que se sucedem, até o resultado esperado. Entretanto, esta metodologia não é aplicada nos projetos, tal como é entendido pelos profissionais de design, pois ela é apropriada para a pesquisa da técnica, que se realiza no LILD, não sendo conhecida pelos autores como estratégia de condução de pesquisas, dada a sua particularidade, o que muitas vezes traz dificuldade de entendimento. Para esclarecer o tipo de metodologia empregada pelo laboratório e fazer um paralelo com as metodologias recomendadas pelos autores, recomenda-se o estudo de caso, como estratégia para condução da pesquisa, que é a que mais se assemelha com a metodologia empregada pelo LILD, pois a pesquisa se desenvolve seguindo experimentos exploratórios, se confundindo com os próprios experimentos em si.

Os estudos de caso podem ser aplicados ao projeto concomitantemente com a metodologia de aproximações sucessivas aplicada pelos pós-graduandos que trabalham no LILD, pois os relatórios gerados pelos alunos vão sendo feitos à medida que a pesquisa caminha, sendo preparados, através do monitoramento do objeto, no sentido de como ele é feito e pelo seu comportamento no laboratório. Portanto, sempre que possível, observa-se o seu uso, ou seja, como está interagindo no meio físico e social, externo aos domínios laboratoriais. As técnicas aí desenvolvidas e observadas são voltadas para o fazer, sendo chamadas de técnicas de uso, enquanto que outras metodologias, sugeridas pelos pensadores que as defendem, diferentes desta metodologia, podem não compreender a metodologia empregada pelo LILD, dada à sua particularidade. Durante o percurso da pesquisa, estimula-se uma atitude experimental em relação ao problema colocado, recorrendo à concretização de modelos físicos em diferentes

escalas, que além do valor representacional, servem para manipulação, experimentação e testes, até o modelo em tamanho real.

Além dos modelos físicos construídos em escala e dos experimentos feitos com os materiais compósitos, faz-se o uso constante de imagens como uma das formas de organizar a pesquisa, levando em consideração o que disse FLUSSER em seu livro, *O Mundo Codificado*:

“Ao invés utilizar somente conceitos já formulados na captura de novos entendimentos do fenômeno amparado por imagens, joga-se principalmente com a materialidade do mundo, com os materiais que serão informados pelas ações técnicas e intenções do designer.” (FLUSSER, V., 2007.)

De acordo com YIN (2001, p. 27), o experimento pode focar uma ou duas variáveis isoladas (presumindo que o ambiente de laboratório possa "controlar" todas as variáveis restantes, além do escopo de interesse), ou em um campo, onde surgiu o termo experimento social, para se ocupar da pesquisa em que os pesquisadores "tratam" grupos inteiros de pessoas de maneiras diferentes, como lhes fornecer tipos diferentes de documentação comprobatória.

Quanto aos experimentos feitos para a obtenção dos compósitos, verificou-se o comportamento de cada um em particular, de forma sistemática e direta, em testes realizados em laboratório. A técnica e o passo a passo de cada experimento são relatados conforme a metodologia adotada no LILD e agrupados em seções, conforme recomenda o autor.

Convém destacar que foram realizados experimentos iniciais com objetivo de observar o comportamento do material, quanto à resistência e durabilidade, verificando diversas possibilidades de uso em processos construtivos. Desse modo, tendo em mente o objetivo a ser alcançado e a metodologia a ser empregada, deu-se então início a primeira fase da pesquisa, com a realização de experimentos para obtenção dos primeiros compósitos laminados, que ao longo da pesquisa apontarão o caminho a ser tomado e definirão o uso do material.

### 3.2.

#### A terra e os utensílios usados no LILD: tratamento e hidratação

O barro utilizado nos experimentos foi extraído do campus da PUC/Rio e armazenado em torrões no LILD/PUC-Rio, beneficiado e acondicionado em galões de 5 L. O beneficiamento consiste em peneirar o barro seco, para obtenção de diferentes granulometrias. Inicialmente o barro é peneirado em peneira usada em processos construtivos, que possui trama para obtenção de grãos até 3 mm. Em seguida, o barro é peneirado em peneira de cozinha, usada para peneirar farinha, que possui trama mais fechada, propiciando a obtenção de grãos até 1 mm livre de pedras e impurezas. A menor granulometria<sup>8</sup> obtida com a peneira de cozinha permite a obtenção de superfícies mais uniformes e mais bem acabadas dos compósitos, facilitando a impermeabilização destes, quando secos. O barro peneirado com a trama de 3 mm é separado do barro mais fino, peneirado em trama de 1mm, para ser usado em atividades de pau-a-pique e taipa de pilão, que não necessitam de um acabamento mais bem feito. Após a peneira, o barro com grãos até 1 mm é previamente hidratado em água e reservado por alguns dias, antes do seu uso em qualquer experimento. Além disso, as fibras escolhidas para a mistura, também devem ser previamente beneficiadas.



Figura 37: Barro peneirado em peneira de feijão para obtenção de grãos até 3 mm. Foto de RAMILO, V. J. S., 2016.

---

8 – Conceito que define o tamanho do grão dos minerais argilosos, tais como a argila, o silte, a areia e/ou o seixo e que domina muitas das suas propriedades. Nos sistemas granulares dispersos, a argila compreende, pois, as partículas de dimensões inferiores a 2 micron, o silte partículas de dimensões situadas entre 2 micron e 20 micron e a areia, partículas que se situam entre 20 micron e 2mm. (MEIRA, J. M. L. “Argilas: O que são, suas propriedades e classificações.”, 2001.)



Figura 38: Barro peneirado em peneira de farinha para a obtenção de grãos com até 1 mm. Foto de RAMILO, V. J. S., 2016.

Equipamentos: Baldes e bacias, galões de 5 L para acondicionar, peneira de feijão com trama para obtenção de grãos até 3 mm e peneira de cozinha para obtenção de grãos até 1 mm, espátula, colher de pedreiro, balança eletrônica, bandeja plástica e plásticos resistentes (não pode ser filme plástico), garrafas pet de 2 L, fôrmas de metal no formato meia esfera e de bolacha, medindo 25 cm diâmetro e 1 cm de altura cada uma.



Figura 39: Galão, balde, pet de 2 L. J. S., 2016.

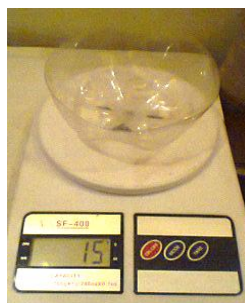


Figura 40: Balança eletrônica. Fotos de RAMILO, V.



Figura 41: Peneiras de feijão e farinha para obtenção grãos de 1 mm a 3 mm. Foto de RAMILO, V. J. S., 2016.



Figura 42: Fôrma de metal (bolacha).



Figura 43: Fôrma de metal (meia esfera).

Fotos de RAMILO, V. J. S., 2016.

As fôrmas de metal no formato de meia esfera e de bolacha foram os equipamentos disponíveis no LILD para este tipo de uso, naquele momento, mesmo sabendo-se que o formato delas não é compatível com o formato exigido pelo LEM - Laboratório de Engenharia Mecânica da PUC/Rio, para a realização dos testes de resistência. A fôrma no formato de bolacha foi usada especificamente para a obtenção de laminados planos com espessura máxima de 1 cm, não importando o formato circular, enquanto a fôrma no formato de meia esfera foi usada para a obtenção de compósitos com este formato, com o objetivo de reproduzir o experimento concebido no mestrado, que desencadeou a pesquisa com compósitos laminados. Convém destacar que estas fôrmas foram recicladas do lixo, pois eram peças que compunham um cinzeiro, sendo muito úteis para este tipo de uso.

**Materiais:** 2 Kg de barro peneirado, 2 L de água, sisal picado e retalhos de gaze industrial. Justifica-se o uso do sisal por ser uma matéria-prima renovável e sua cultura se adapta às regiões semiáridas, sendo Bahia e Paraíba, os estados de maior produção, podendo ser encontrado com facilidade em lojas de construção de acordo com TEIXEIRA FILHO (2013, p. 40). A justificativa para o uso da gaze é a de que elas são compostas basicamente de finíssimos fios de algodão tramados com espaçamento de 5 a 10 mm, e se notabilizam pela rusticidade e levíssimo peso por m<sup>2</sup>, conforme LEME (2008, p.198), reduzindo sobremaneira o aparecimento de trincas e rachaduras dos experimentos.



Figura 44: Barro peneirado.



Figura 45: Sisal. Fotos de RAMILO, V. J. S., 2016.



Figura 46: Gaze industrial.



Figura 47: Água (2 L). Fotos de RAMILO, V. J. S., 2016.

### 3.3. Experimentos iniciais para verificação de possibilidades de uso do material

Foram realizados seis experimentos, com objetivo de verificar o peso, a espessura e a resistência dos compósitos laminados e a possibilidade de utilizá-los futuramente, como revestimento e vedação de estruturas de bambu e também como material sujeito a cargas menores. Para a concepção destes compósitos laminados, adotou-se a técnica da moldagem sobre superfícies esféricas<sup>9</sup>, vista em SANTOS, V. J. (2012), pois a técnica possibilita que o material assuma a forma do molde, ao ser modelado e ajustado na superfície a ser trabalhada. Depois de secos, os compósitos concebidos nos experimentos apresentaram tamanho e pesos diferentes, além de espessuras que variaram entre 0,5 mm e 1 cm e diferentes resistências, conforme o reforço adicionado à matriz de massa de barro hidratada. Para a realização do primeiro experimento, inicialmente peneirou-se o barro em trama com 3 mm e em seguida em peneira com trama de 1 mm.

---

9 – Técnica da Moldagem sobre superfícies esféricas – Técnica usada para moldar a massa de fibrobarro sobre superfícies esféricas. (A Técnica do “fibrobarro” armado, aplicada na construção de objetos de uso comunitário. SANTOS, V. J., 2012.)

Para a hidratação do barro, foram usados 2 kg de barro com grãos até 1 mm, misturados com um litro de água. A hidratação foi feita pouco a pouco, controlando a quantidade de água em porções de 50 ml em 50 ml, a fim de se obter uma mescla homogênea para que ela não ficasse nem muito rala, nem muito grossa, ou seja, com boa plasticidade para modelar. Para a hidratação do barro, a massa foi trabalhada com as mãos, dentro de um recipiente, no qual foi se incorporando a água para que a mistura ficasse homogênea e em seguida colocada para hidratar, durante alguns dias. No entanto, para a realização dos ensaios e experimentos, a espátula e a colher de pedreiro, podem e devem ser usadas, pois além de possibilitar que as mãos fiquem livres e limpas para trabalhar, ajudam a espalhar a mescla sem deixar imperfeições na superfície, o que facilita a aplicação da resina, quando da impermeabilização do compósito, após a sua cura.

Convém lembrar à medida que a massa vai secando, vão aparecendo trincas e rachaduras, devido à retração do barro, por conta da evaporação da água. No entanto, observou-se nos últimos experimentos, que o controle da quantidade de água adicionada ao barro, por ocasião da hidratação, determina e possibilita um **IP**<sup>10</sup> (índice plástico) “ideal” para o manuseio, conferindo à massa uma boa consistência para ser trabalhada, ou seja, nem muito mole (com excesso de água), nem muito dura (muito seca).

---

10 - De acordo com BETIM (2003, p. 37) apud GHAVAMI, BARBOSA, TOLÊDO, (1997), é possível determinar índices para o solo, entre eles: Índice Plástico (IP), Limites de Liquidez (LL) e o de Plasticidade (PL). O Índice Plástico (IP) do solo é calculado pela diferença entre os de Liquidez (LL) e o de Plasticidade (PL).



Figura 48: Hidratação do barro. Figura 49: Barro hidratado. Fotos de RAMILO, V. J. S., 2016

Embora o barro tenha sido previamente hidratado, durante alguns dias, para que houvesse total incorporação da água e melhorasse o seu índice de plasticidade, os dois primeiros experimentos, foram feitos logo após a hidratação.

### 3.3.1.

#### **Impermeabilização com resina polimérica vegetal monocomponente**

Após a concepção e cura, os compósitos laminados foram impermeabilizados com a resina polimérica de mamona<sup>11</sup> monocomponente, Ecopol Y Polirol Rescin RM 14 da POLY-URETHANE Ind. e Com. Ltda., disponível no laboratório. De característica fluída e maleável; a resina polimérica de mamona monocomponente permite a concepção de cascas com espessuras reduzidas; diferente da resina a base poliuretano vegetal bicomponente IMPERVEG, originado do óleo de mamona, que é mais densa e viscosa e endurece ao secar, conferindo maior rigidez aos compósitos.

---

11 – Resina polimérica de mamona é um material a base de poliuretano vegetal originada do óleo de mamona, podendo ser mono ou bicomponente, que possui a vantagem de ser obtido de recurso natural e renovável, sendo usada como impermeabilizante em vários campos, tais como: reservatórios de água potável enterrado ou semi-enterrado, apoiado, muros de arrimo, tratamento de madeiras, floreiras, aglomerante para compósitos de fibras vegetais, tratamento de umidade ascendente; e inservíveis. Fonte: Catálogo Técnico da Imperveg Poliuretano Vegetal



### 3.3.2.

#### Experimento 1: Meia esfera

O experimento 1 foi feito no dia 07/01/2016 e para a sua realização foi utilizada a fôrma de metal no formato de meia esfera para que fosse possível a moldagem sobre a sua superfície, conforme mostra a figura 50.



Figura 50: Fôrma de metal no formato de calota coberta com gaze industrial. Foto de RAMILO, V. J. S., 2016.

Foram utilizados para o experimento: 100 g de barro, 10 g de sisal e um retalho de gaze industrial medindo 0,60 X 0,60 cm.



Anexo 1: Vídeo 01 – Experimento 1 – Meia esfera: Aplicando o barro sobre a gaze industrial, Aplicação do sisal sobre o barro e finalizando com aplicação da gaze. Vídeo de RAMILO, V. J. S., 2016.



Figura 51: Compósito feito com barro, sisal e gaze industrial. Foto de RAMILO, V. J. S., 2016.

Após a sua realização, o experimento 1 foi colocado para secar, durante três dias e após a sua cura, pesou 294 g sem a impermeabilização com a resina polimérica vegetal. O experimento foi retirado com grande dificuldade, pois não houve o isolamento da fôrma com o plástico, fazendo com que o compósito ficasse agarrado no fundo da fôrma, iniciando-se processo de esfacelamento e desintegração do material, impossibilitando a sua impermeabilização.



Figura 52: Peso final do experimento 1: 294 g. Foto de RAMILO, V. J. S., 2016.

Em avaliação preliminar, verificou-se que o experimento não apresentou a resistência esperada, tal como no experimento concebido com a meia esfera, durante o mestrado. A falta de forração com o plástico, que deveria ter acontecido no início do experimento, dificultou a retirada do compósito quando estava seco, fator determinante para o início de desintegração do material. O compósito não foi impermeabilizado, devido às avarias sofridas o que acabou por contribuir para a observação da resistência do material, sem a impermeabilização com a resina polimérica vegetal, que enrijece os materiais, conferindo-lhes maior resistência.

### 3.3.3.

#### Experimento 2: Bolacha

O experimento 2 foi realizado no mesmo dia que o experimento 1, utilizando-se fôrma de metal no formato de bolacha medindo 25 cm de diâmetro e 1 cm de altura.



Figura 53: Fôrma de metal no formato de bolacha. Foto de RAMILO, V. J. S., 2016.

Para o experimento foram utilizados: 100 g de barro, 9 g de sisal e retalho de gaze industrial, medindo 0,60 X 0,60 cm.



Anexos 2 e 3: Vídeos 02 e 03: Experimento 2 – Bolacha: Aplicação do barro sobre a gaze industrial e aplicação do sisal sobre o barro e em seguida outra camada de barro. RAMILO, V. J. S., 2016.



Figura 54: Experimento 2. Foto de RAMILO, V. J. S., 2016.

O experimento 2 também ficou secando por três dias sendo, em seguida, inspecionado e fotografado no dia 09/01/2016, onde se constatou que ainda não haviam secado completamente. No dia 10/01/2016, os experimentos apresentaram algumas trincas e rachaduras, sendo desenformados com dificuldade, pois foi necessário fazer muita força para desgrudá-los de suas respectivas fôrmas, que não foram forradas com filmes plásticos. Por conta disso, os compósitos começaram a rachar e a se esfarelar ao serem puxados. Mesmo com a dificuldade, o experimento 2 foi desenformado e reservado à parte, mas também não foi impermeabilizado. Após a cura o experimento 2 pesou 254 g.



Figura 55: Experimento 2 secando. Foto de RAMILO, V. J. S., 2016.



Figura 56: Trincas e rachaduras do experimento 2. Foto de RAMILO, V. J. S., 2016.



Figura 57: Experimento 2 pesou 254 g. Foto de RAMILO, V. J. S., 2016.

No decorrer da realização dos experimentos 1 e 2, observou-se que a utilização da gaze industrial antes e depois da colocação da massa de barro, contribui sobremaneira para a redução de trincas e rachaduras, desde que a massa não esteja com excesso de água, embora não aumente a resistência do material. Os experimentos seguintes foram impermeabilizados com poliuretano vegetal e desse modo foi possível comparar a resistência de cada um à compressão e compará-los com os que não foram impermeabilizados.

### 3.3.4.

#### Experimento 3: Meia esfera

Os experimentos 3 e 4 foram realizados em 11/01/2016 e impermeabilizados em dias diferentes. Para realizá-los foram reservados: 18 g de sisal, divididos em duas partes iguais contendo 9 g para cada um. Foram utilizados: 100 g de barro, 9 g de sisal e retalho de gaze industrial no tamanho de 60 cm x 60 cm. Os experimentos 3 e 4 foram desenformados com facilidade, já que as fôrmas, desta vez, foram previamente isoladas com o plástico.



Anexo 4: Vídeo 04 – Experimento 3: Meia esfera – Aplicando o barro sobre a esfera. Vídeo de RAMILO, V. J. S., 2016.



Figura 58: Experimento 3 meia esfera secando. Foto de RAMILO, V. J. S., 2016.

### 3.3.5.

#### Experimento 4: Bolacha

Para o experimento 4 foram usados: 100 g de barro, 9 g de sisal e retalho de gaze industrial com aproximadamente 60 cm X 60 cm. Ao seu término, o experimento foi colocado para secar e observou-se, durante o processo de cura, que não apareceram trincas e rachaduras, conforme mostra a figura 59.



Figura 59: Experimento 4 secando sem trincas ou rachaduras. Foto de RAMILO, V. J. S., 2016.

#### 3.3.5.1.

#### Impermeabilização dos experimentos 3 e 4 com resina polimérica vegetal

Os experimentos 3 e 4 foram colocados para secar, durante quatro dias e ao longo desse período percebeu-se que não houve a ocorrência de trincas e rachaduras. Após a cura, foram impermeabilizados com resina polimérica vegetal de mamona.

Para impermeabilização do experimento 3 foram realizadas duas aplicações, nas quais foram utilizados aproximadamente 10 ml de resina vegetal de mamona para cada aplicação. As aplicações da resina ocorreram em dias diferentes (14 e 19/01/16), pois o compósito não foi desenformado logo que secou, sendo a primeira feita apenas na superfície interna e a segunda na superfície externa. Após a impermeabilização o experimento 3 pesou 288 g. Tal como aconteceu nos experimentos anteriores, o uso da gaze industrial minimizou

a ocorrência de fissuras e rachaduras nos compósitos, o que facilitou a impermeabilização dos compósitos.



Figura 60: Impermeabilização da superfície externa do experimento 3. Foto de RAMILO, V. J. S., 2016.



Figura 61: Experimento 3 pesou 288 g, após impermeabilização com resina polimérica de mamona. Foto de RAMILO, V. J. S., 2016.

O experimento 4 foi impermeabilizado com 50 ml de resina de mamona, nas superfícies superior e inferior e quando seco pesou 228 g.



Figura 62: Experimento 4 pesou 228 g, após impermeabilização com resina polimérica de mamona. Foto de RAMILO, V. J. S., 2016.

### 3.3.6.

#### Experimento 5: Bolacha sem gaze industrial

O experimento 5 foi realizado em 15/01/2016 e propositalmente sem a gaze industrial com o objetivo de confirmar que a inclusão desse elemento no compósito de matriz de barro cru reforçado com sisal, diminui sobremaneira o aparecimento de fissuras e rachaduras por conta da retração do barro em decorrência da evaporação da água no período de cura. Para o experimento 5 foram reservados: 100 g de barro previamente hidratado, divididos em duas partes iguais e 12 g de sisal. Inicialmente, forrou-se a fôrma de metal com o plástico, sem a gaze industrial e sobre ele, com a ajuda de uma espátula, deitou-se fina camada da massa de barro, contendo 50 g.



Figura 63: Fôrma forrada com o plástico. Foto de RAMILO, V. J. S., 2016.



Figura 64: Aplicação do barro sem a gaze industrial. Foto de RAMILO, V. J. S., 2016.

Em seguida ao barro, foram acrescentados 12 g de sisal, cortados no tamanho da fôrma, saturando-a até a borda e logo após, deitou-se 50 g barro restantes, suficientes para completar a fôrma até a borda.





Figura 65: Aplicação da camada final de barro sobre o sisal. Foto de RAMILO, V. J. S., 2016.



Anexo 5: Vídeo 05 – Experimento 5 – Bolacha – Ensaio sem a gaze industrial.



Figura 66: Experimento 5 secando. Foto de RAMILO, V. J. S., 2016.

Tal como nos experimentos anteriores, usou-se a espátula para acomodar os materiais e dar acabamento ao experimento, sempre fazendo movimentos circulares, de fora para dentro e de dentro para fora, que possibilitam espalhar a massa de modo que ela fique uniforme, sem deixar saliências e orifícios que possam dificultar a aplicação da resina polimérica, quando o compósito estivesse totalmente seco. Este compósito foi colocado para secar, durante cinco dias (15 a 19/02), sendo fotografado no último dia, no qual foi possível perceber a presença de muitas fissuras e rachaduras, conforme podemos ver nas figuras 67 e 68.



Figura 67: Experimento 5 seco sem a gaze industrial. Figura 68: Rachaduras no experimento 5. Fotos de RAMILO, V. J. S., 2016.

Convém lembrar que a temperatura nos dias em que o experimento ficou secando foi bem mais baixa que nos dias anteriores, sendo que, entre os dias 17/01 e 19/01, os dias foram muito chuvosos, contribuindo para o aumento significativo da umidade do ar, o que aumentou o período de cura do experimento.

O aparecimento de fissuras e rachaduras é comum, quando o barro está secando, pois há uma retração natural, devido à evaporação da água, que quando presente dilata as suas partículas. Neste experimento, a gaze industrial não foi usada, no qual se constatou o aparecimento de fissuras e rachaduras, corroborando a hipótese de que o seu uso diminui substancialmente o aparecimento das mesmas, contribuindo para que a massa não retraia ainda mais, durante o processo de evaporação da água, ajudando a manter o compósito mais agregado.



Figura 69: O experimento 5 pesou 272 g. Foto de RAMILO, V. J. S., 2016.

### 3.3.7.

#### Experimento 6: Bolacha

O experimento 6 foi realizado em 19/01/2016 e ao iniciá-lo, percebeu-se que a massa do barro estava menos plástica, desde o início da hidratação em 07/01/16, devido a maior evaporação da água ocorrida neste período, apresentando mais consistência e maciez. Apesar de alguma evaporação, ainda era possível perceber razoável quantidade de água presente na massa, apresentando maior consistência na textura, boa para ser moldada, porém difícil de ser espalhada, quando assentada sobre o sisal.

Para a realização do experimento 6 foram reservadas as seguintes quantidades dos materiais: 600 g de barro divididos em 3 partes: 300 g da massa para a primeira camada + 250 g da massa para a segunda camada + 50 g da massa esticada no fim para dar o acabamento ao experimento, 20 g de sisal (suficientes para saturar a fôrma até a borda) e 2 retalhos de gaze industrial com 30 cm cada um. Para iniciar o experimento foram reservados 300 g da massa de barro, que em seguida foi assentada e espalhada por sobre o retalho da gaze industrial, que cobria o plástico forrado na fôrma. Após espalhar a primeira camada da massa de barro na fôrma, foram distribuídos uniformemente 20 g do sisal por cima da massa. Em seguida, esticou-se outro retalho da gaze industrial por cima do sisal, que foi coberto com mais 250 g de barro, sempre esticando a massa com a ajuda da espátula. Por fim, foram esticados os 50 g restantes da massa de barro, para dar acabamento ao experimento com o cuidado para que não ficasse nenhum orifício na sua superfície.



Figura 70: 300 g de barro reservados para o experimento 6. Foto de RAMILO, V. J. S., 2016.



Anexos 6, 7 e 8 – Vídeos 06, 07 e 08 – Experimento 6: Bolacha – Aplicação do barro sobre a gaze, aplicando o sisal sobre o barro e finalizando o experimento com barro. Vídeos de RAMILO, V. J. S., 2016.

Em verificação feita no dia 25/01/2016, seis dias após ser colocado para secar, o experimento 6 não havia secado completamente, conforme mostra a figura 69. A temperatura entre os dias 19/01 e 22/01 se manteve entre os 26<sup>o</sup> e 28<sup>o</sup> graus, em ambiente fechado. O tempo esteve chuvoso em quase todo o período, dificultando a cura do experimento.



Figura 71: Experimento 6 secando. Foto de RAMILO, V. J. S., 2016.

A temperatura média, entre os dias 20/01 e 23/01, em ambiente fechado não ultrapassou os 27<sup>o</sup> graus. O tempo esteve chuvoso em quase todo período, contribuindo para o aumento da umidade relativa e do período de cura do experimento. Durante os dias 24/01 e 25/01, o tempo esteve firme e com sol, durante o dia e nublado à tarde e a alta umidade relativa do ambiente ajudou a manter o experimento com alguma quantidade de água. No dia 29/01, o experimento apresentou razoável cura, pois a sua cor mudou de tonalidade, ficando mais claro, confirmando a evaporação da água. O experimento foi retirado do molde no dia 27/01, continuando seu processo de cura fora da fôrma, até o dia

29/01, quando foi impermeabilizado com a resina polimérica vegetal. O compósito apresentou poucas microfissuras superficiais, bem menos, em relação aos ensaios anteriores, levando a crer que, apesar do período de cura ter sido maior em relação aos compósitos feitos anteriormente, a gaze industrial, que reveste a camada de barro, contribuiu para a diminuição de fissuras e rachaduras, mesmo com o barro tendo sido alisado com a espátula, conforme mostram as figuras 72 e 73.



Figura 72: Diminuição das microfissuras e rachaduras com o uso da gaze industrial. Foto de RAMILO, V. J. S., 2016.



Figura 73: Experimento 6 com poucas rachaduras. Foto de RAMILO, V. J. S., 2016.

O compósito foi impermeabilizado com 10 ml de resina polimérica vegetal nas superfícies inferior e superior e mais 1 ml para as bordas. Na impermeabilização, a resina apresentou endurecimento mais rápido que o normal, pois foi colocada em uma garrafa pet, diferente do recipiente original, com aproximadamente 50 ml, propiciando a entrada de ar úmido, que acelera o endurecimento mais rapidamente.



Figura 74: Endurecimento da resina. Foto de RAMILO, V. J. S., 2016.

Após a impermeabilização com a resina de mamona, o experimento 6 pesou 459 g, chamando a atenção para a leveza e resistência do compósito, apesar do aumento das quantidades de barro e de sisal.





Figura 75: O experimento 6 pesou 459 g. Foto de RAMILO, V. J. S., 2016.

### 3.4.

#### **Testes analíticos para identificação da composição química do barro usado na pesquisa**

Após a realização dos experimentos para verificação da possibilidade de uso do material em processos construtivos, foram realizados no mês de maio de 2017, testes para análise de composição química do barro encontrado no campus da PUC/Rio, no LEEA – Laboratório de Espectroanalítica e Eletroanalítica Aplicada do departamento de Química da PUC/Rio, com a colaboração da engenheira química Luciana Frazão, recém-formada em Design na PUC/Rio, viabilizando o intercâmbio entre os laboratórios, conforme pode ser visto na Tabela 1.

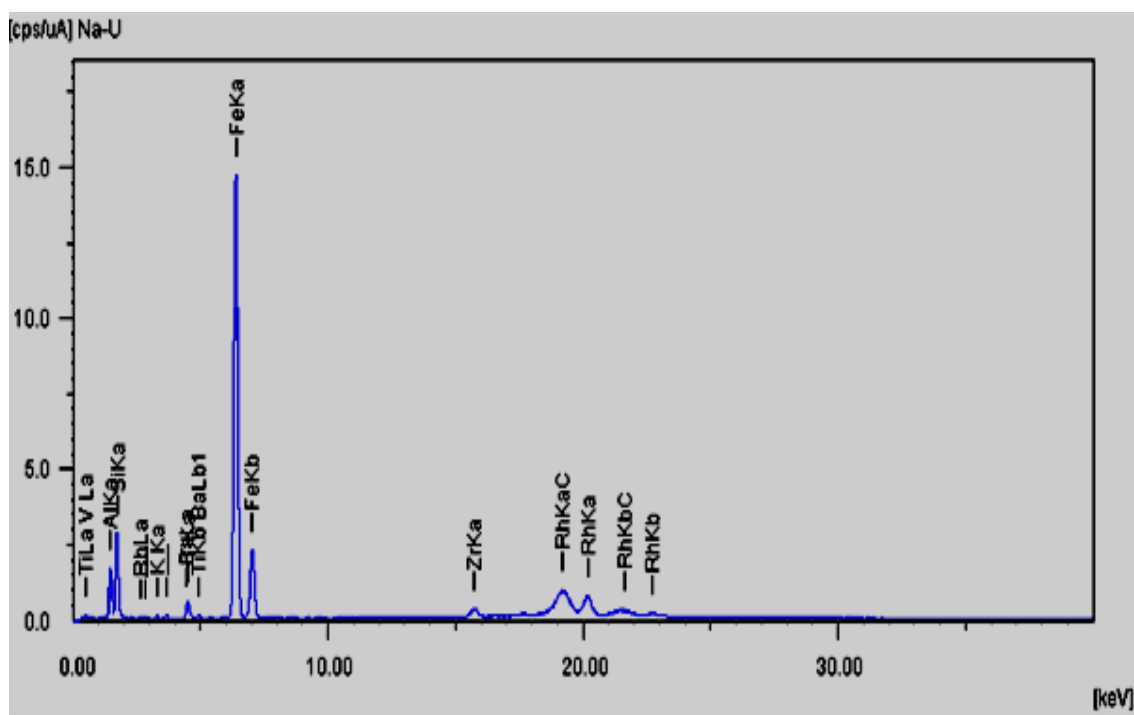
Tabela 1: Relatório da análise de composição química do solo da PUC/Rio

	
<p><b>Laboratório de Espectroanalítica e Eletroanalítica Aplicada - LEEA</b>          Departamento de Química / PUC-Rio          Rua Marquês de São Vicente, 225 – Prédio Cardeal Leme, 280 e 283. Gávea.          Rio de Janeiro. RJ. Brasil. 22451-900          (21) 3527-1819 / (21) 3527-1319</p>	
<p><b>Relatório de Resultados Analíticos Nº 006/ 2017</b></p>	
<p><b>1. Dados do Cliente</b>  <b>Empresa:</b> PUC-Rio  <b>Contatos:</b> Vicente Jesus dos Santos Ramilo e Luciana Frazão (colaboradora)  <b>Endereço:</b> PUC/Rio – LILD e LEM  <b>Telefone:</b> 21 980014278</p>	
<p><b>2. Informações da(s) amostra(s)</b>  <b>Natureza da(s) Amostra(s):</b> Amostras de terra crua  <b>Amostra(s) coletada(s) pelo cliente?</b> ( X ) SIM ( ) NÃO  <b>Chegaram preservadas?</b> ( ) SIM ( X ) NÃO  <b>Necessitam de preservação?</b> ( ) SIM ( X ) NÃO  <b>Tipo de preservação:</b> N.A.  <b>Prazo de validade das amostras:</b> N.D.  <b>Data de Recebimento pelo LEEA:</b> 31/05/2017  <b>Recebidas por:</b> Leila Fialho</p>	
<p><b>3. Informações sobre o ensaio</b>  <b>Determinação de:</b> Determinação semiquantitativa em amostra  <b>Método utilizado:</b> EDXRF  <b>Referência Normativa:</b> N.A.</p>	
<p><b>4. Resultados</b>  <b>4.1. EDXRF</b></p>	
<p><b>Identificação da amostra</b></p>	<p><b>Elementos determinados (%)</b></p>
<p>Amostra 01</p>	<p>Silício <b>Si</b> = 10,893          Alumínio <b>Al</b> = 10,816          Ferro <b>Fe</b> = 2,986          Tálho <b>Ti</b> = 0,289          Potássio <b>K</b> = 0,181          Bário <b>Ba</b> = 0,109          Zircônio <b>Zr</b> = 0,010          Oxigênio <b>O</b> = 74,716 (balanço)</p>
<p><b>Executor do Ensaio (nome / CRQ)</b></p>	<p>Leila Fialho / 03415034 - 3ª região</p>
<p><b>Inspecionado por (nome / CRQ)</b></p>	<p>Ricardo Q. Aucelio ( CRQ....)</p>

O teste analítico para obtenção da composição do solo foi realizado utilizando apenas o experimento 1, já que todos os demais experimentos foram feitos com a mesma matriz (barro) e reforço (sisal).

Para a obtenção do balanço, injetou-se uma quantidade de oxigênio na máquina (O = 74,716), conforme indica a tabela 2.

Tabela 2: Gráfico do Espectro do método EDXRF obtido para a amostra 01.



### 3.4.1.

#### Resultados dos testes de composição química do barro

Os resultados obtidos, a partir da análise da composição química do barro do campus da PUC, demonstraram a existência de vários minerais, chamando a atenção para maiores concentrações de **Silício** (Si = 10,893), **Alumínio** (Al = 10,816) e **Ferro** (Fe = 2,896) e quantidades reduzidas dos minerais **Titânio** (Ti = 0,289), **Potássio** (K = 0,181), **Bário** (Ba = 0,109) e **Zircônio** (Zr = 0,010).



### 3.5.

#### Concepção dos corpos de prova para ensaios de resistência dos compósitos laminados

Durante o mês de julho de 2017 foram preparados seis corpos de prova para a realização de ensaios de verificação de resistência mecânica do material. Os corpos de prova foram concebidos utilizando-se 12 Kg de barro como matriz, previamente hidratado em 4,4 L de água e fibras de sisal, folhas de bambu e raspas de bambu trituradas, como reforço.

A justificativa para a utilização das folhas e das raspas de bambu trituradas nos experimentos é que o material é obtido com facilidade e em abundância no Campus da PUC, enquanto que o sisal é usado com frequência nas pesquisas do LILD, pois a sua fibra é comprovadamente muito resistente, podendo ser adquirido a preços acessíveis e com alguma facilidade em lojas de construções.



Figura 76: Barro hidratado.



Figura 77: Sisal. Fotos de RAMILO, V. J. S., 2017.



Figura 78: Raspas de Bambu trituradas.



Figura 79: Folhas de bambu secas. Foto de RAMILO, V. J. S., 2017.

A adição das fibras ao barro previamente hidratado melhora as propriedades físicas da mistura, reduzindo o peso do compósito e proporcionando-lhe maior resistência mecânica. O material, dependendo da técnica a ser empregada, poderá ser usado, seja como revestimento e vedação em estruturas de bambu ou para o desenvolvimento de telhas.

### 3.5.1.

#### Corpo de prova 1

Para a realização do corpo de prova 1, utilizou-se 500 g de barro hidratado, 20 g de sisal picado no comprimento da fôrma de metal, que mede 35 x 35 cm e retalho de gaze industrial com o dobro da medida da fôrma.



Figura 80: Barro (500 g) e Sisal (20 g). Foto de RAMILO, V. J. S., 2017.

### 3.5.2.

#### Corpo de prova 2

Para a realização do corpo de prova 2, utilizou-se apenas 500 g de barro e a gaze industrial.



Figura 81: Barro (500 g). Foto de RAMILO, V. J. S., 2017.

### 3.5.3.

#### Corpo de prova 3

Para o corpo de prova 3, utilizou-se 500 g de barro, 13 g sisal e retalho de gaze industrial.



Figura 82: Barro (500) g e Sisal (13 g). Foto de RAMILO, V. J. S., 2017.

### 3.5.4.

#### Corpo de prova 4

Para o corpo de prova 4, utilizou-se 500 g de barro, 13 g de folhas de bambu trituradas e retalho de gaze industrial.



Figura 83: Barro (500 g) e Folhas de Bambu (13 g). Foto de RAMILO, V. J. S., 2017.

### 3.5.5.

#### Corpo de prova 5

Para o corpo de prova 5, utilizou-se 500 g de barro, 25 g de sisal e retalho de gaze industrial. Os materiais foram sovados juntos e deitados sobre a placa de ensaio.



Figura 84: Barro (500 g) e Sisal (25 g) sovados juntos. Foto de RAMILO, V. J. S., 2017.

### 3.5.6.

#### Corpo de prova 6

Para o corpo de prova 6, foram utilizados os mesmos 500 g de barro, 25 g de sisal e retalho de gaze industrial, sendo que desta vez não foram sovados juntos, tal como no ensaio anterior.



Figura 85: Barro (500 g) e Sisal (25 g). Foto de RAMILO, V. J. S., 2017.

Dos seis corpos de prova levados para o forno mufla<sup>12</sup> para eliminação de excesso de umidade, apenas o corpo de prova 4, feito com folhas de bambu não resistiu à alta temperatura do forno, carbonizando por completo, não sendo possível verificar a resistência do material no laboratório de mecânica.



Figura 86: Mufla para retirar a umidade dos corpos de prova. Foto de FRAZÃO, L., 2017.

### 3.6.

#### **Ensaio para verificação de resistência mecânica dos compósitos laminados**

Após a confecção dos corpos de prova, foram realizados ensaios para verificação da resistência mecânica do material, no LEM - Laboratório de Engenharia Mecânica da PUC/Rio.

---

12 - Mufla: tipo de estufa com temperaturas elevadas, utilizada em laboratórios, para calcinar substâncias.



Figura 87: Teste para verificação de resistência dos corpos de prova no LEM/PUC-Rio. Foto de FRAZÃO, L., 2017.

Os testes para verificação da resistência mecânica levaram em consideração a força aplicada (N) em relação ao tempo de ruptura (S) de cada um dos corpos de prova, submetendo-os à compressão, conforme é possível ver nos gráficos das tabelas 3 a 7.

Tabela 3: Corpo de prova 1: Barro (500 g) e Sisal (25 g).

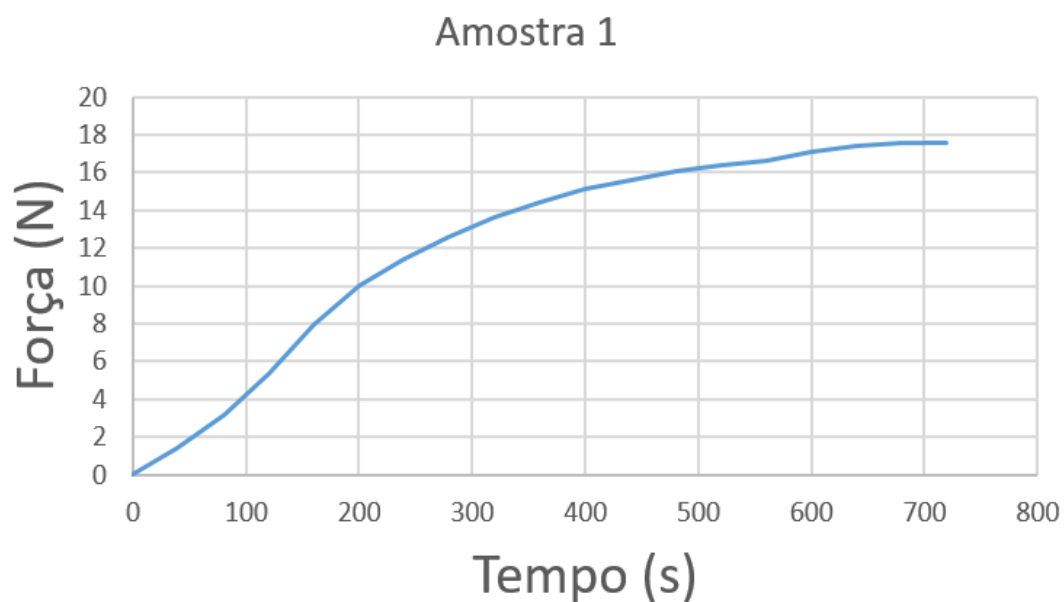


Tabela 4: Corpo de prova 2: Barro (500)

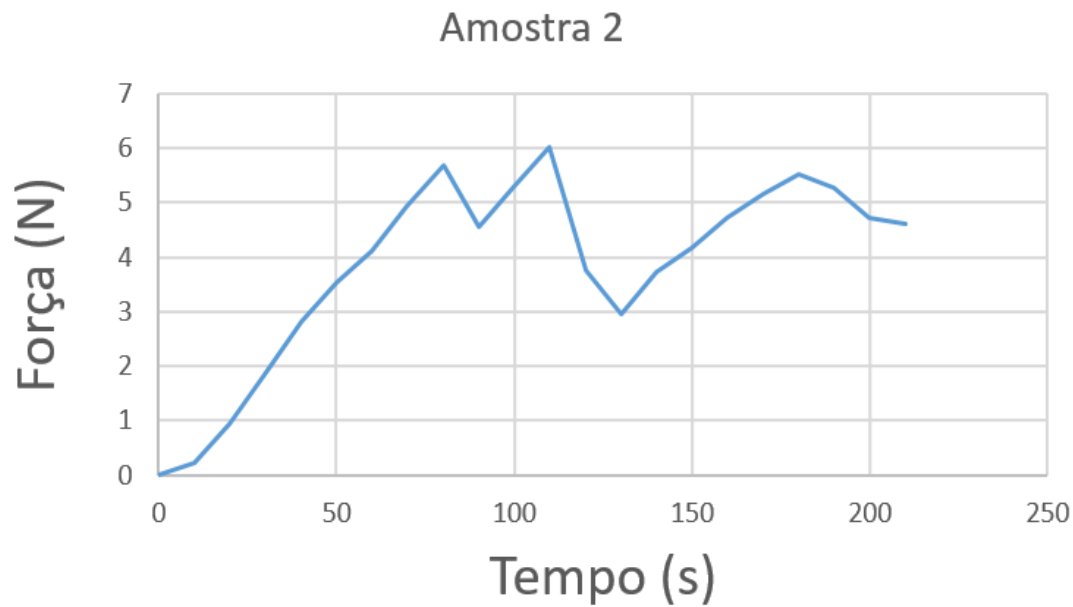


Tabela 5: Corpo de prova 3: Barro (500 g) e Sisal (13 g)

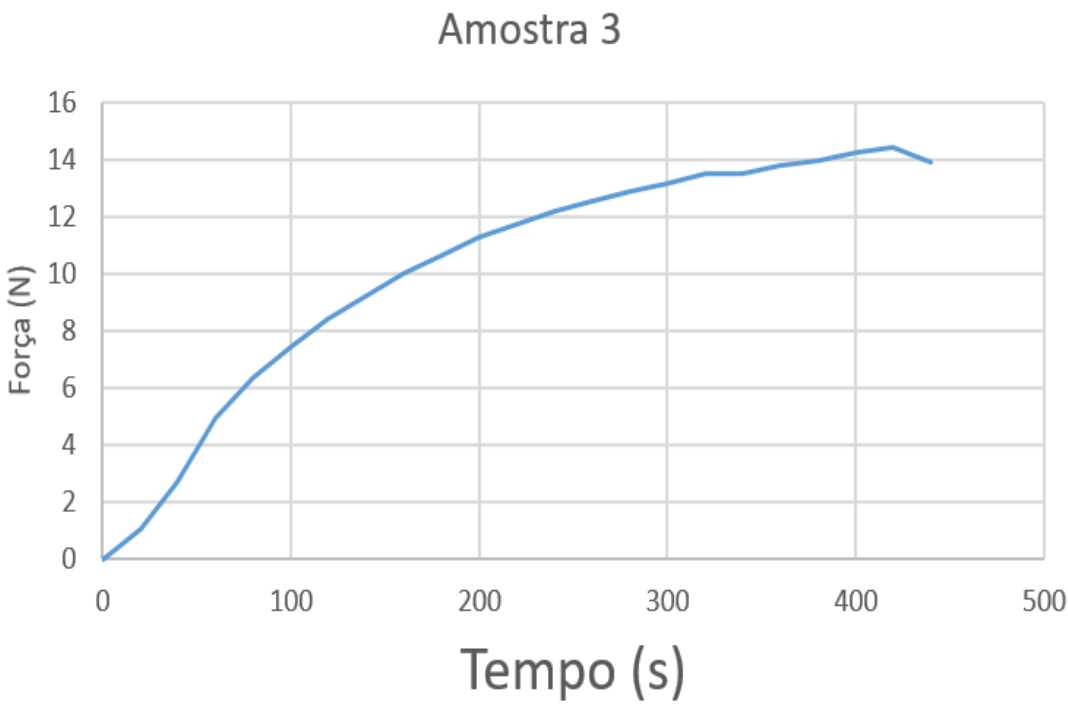


Tabela 6: Corpo de prova 5: Barro (500 g) e Sisal (25 g) sovados juntos.

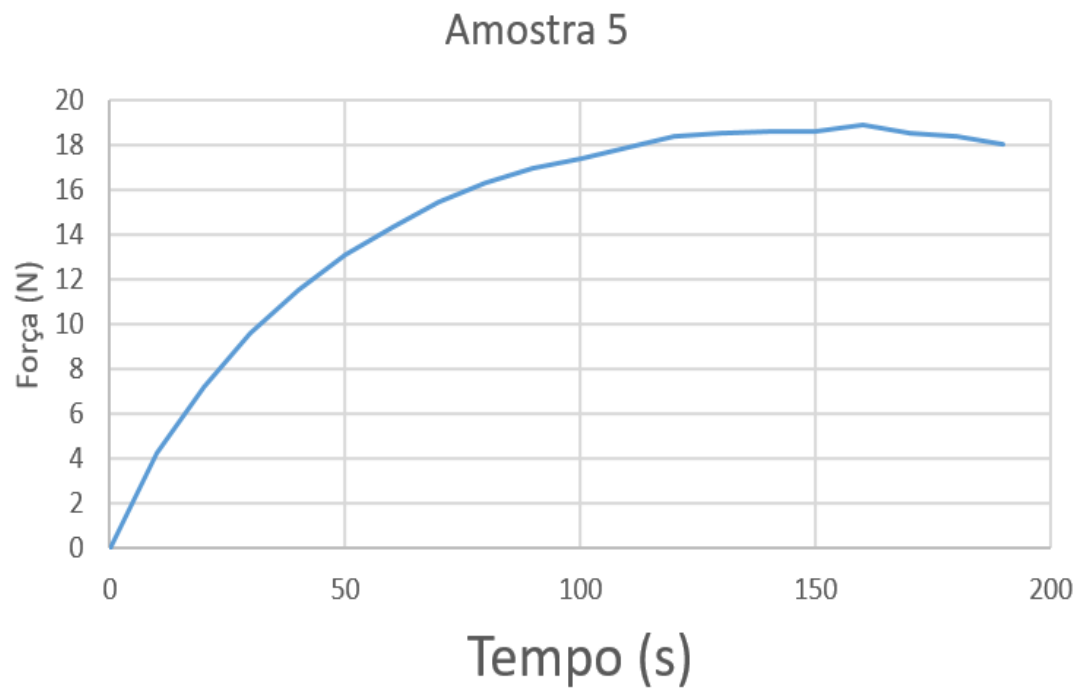
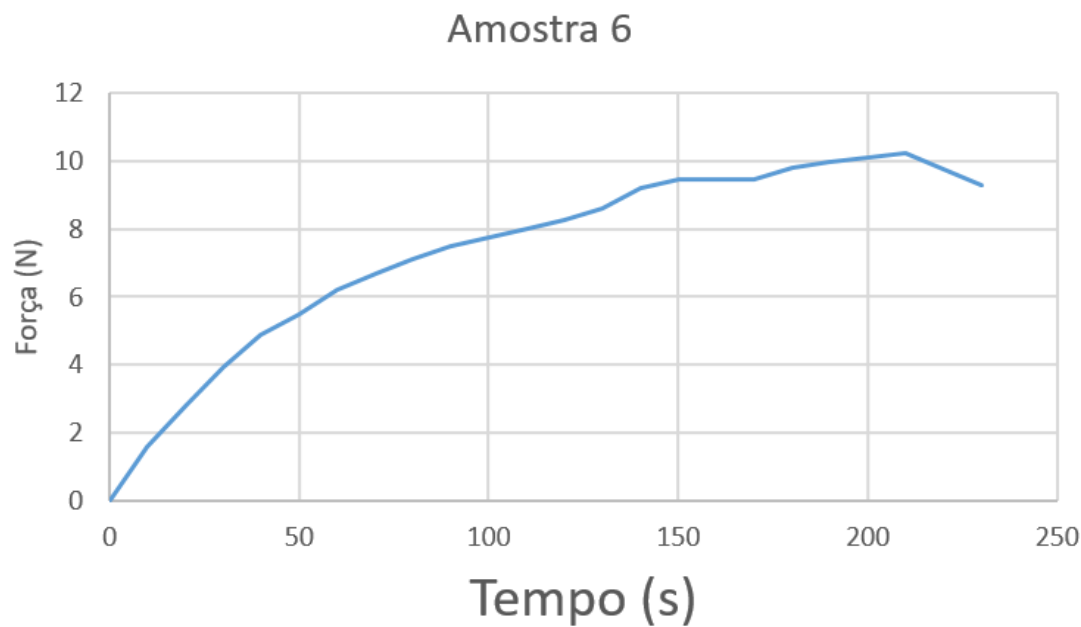


Tabela 7: Corpo de prova 6: Barro (500 g) e Raspas de Bambu trituradas (25 g).





### 3.6.1.

#### Resultados dos testes de resistência mecânica

Os testes realizados no LEM/PUC demonstraram que os corpos de prova apresentaram razoável resistência levando em consideração a força aplicada (N) em relação ao tempo de ruptura (S) de cada um dos ensaios, quando submetidos à compressão.

De acordo com os resultados, é possível ver que os corpos de prova 1 e 3 apresentaram resistências semelhantes. O Corpo de prova 1, feito com barro (500 g) e sisal (25 g) e o Corpo de prova 3, feito com Barro (500 g) e Sisal (13 g), levaram proporcionalmente o mesmo tempo para se romperem, recebendo 17 N e 15 N de força respectivamente. Enquanto o Corpo de prova 1 levou 12 minutos para se romper, o Corpo de prova 3 levou pouco mais que a metade do tempo, cerca de 7,3 minutos, considerando-se que o Corpo de prova 3 recebeu a metade da quantidade de sisal no ensaio.

O Corpo de prova 5, foi o que se rompeu mais rápido, levando cerca de 3 minutos, porém recebeu maior força aplicada dentre todos os Corpos de prova. Quando comparado ao Corpo de prova 1, levou-se em consideração que as mesmas quantidades de matriz (barro) e reforço (fibra de sisal), não apresentando a resistência esperada, mesmo utilizando-se o processo de sova, que mistura os materiais homogeneamente, processo que não ocorreu nos demais corpos de prova, quando não houve a sova dos elementos, por conta da utilização do processo de laminação, que os sobrepõe em camadas e não garante a mistura homogênea dos elementos e por sua vez, pouca resistência mecânica.

O Corpo de prova 2, feito apenas com 500 g de barro, levou aproximadamente 3,5 minutos para se romper ao ser aplicado força de 6 N, demonstrando a fragilidade do material, quando não teve fibras incorporadas ao barro.

O Corpo de prova 6, feito com barro (500 g) e raspas de bambu (25 g), levou aproximadamente 3,8 minutos para se romper, ao se aplicar força aproximada de 11 N, demonstrando boa resistência, quando comparado com o

Corpo de prova 2, que levou aproximadamente o mesmo tempo para se romper, porém aplicando-se a metade da força, 6 N.

### 3.6.2

#### **Conclusões preliminares sobre os compósitos laminados desenvolvidos**

Os testes realizados significaram avanço para a pesquisa, já que ainda não haviam sido realizados estudos desse tipo no LILD. Os resultados encontrados nos deram incentivo para prosseguir no estudo sobre a viabilidade de uso do material no desenvolvimento de telhas, priorizando o uso das fibras de sisal e das raspas de bambu, que apresentaram maior resistência entre todas as fibras testadas. Inicialmente a escolha pela fibra de sisal levou em consideração as proporções usadas e, sobretudo, o método a ser adotado para obtenção de compósitos, seja incorporando os materiais no ato de sovar a massa, misturando tudo homogeneamente, tal como se faz na taipa de mão ou, através do processo de laminação, que sobrepõe os materiais em camadas, que não garante a total mistura dos materiais.

Os testes demonstraram que o material pode oferecer inúmeras possibilidades de uso, indicando possíveis desdobramentos da pesquisa, tanto para o uso como revestimento e vedação em processos construtivos, quanto para o desenvolvimento de telhas, levando em consideração as espessuras obtidas, o peso e a aeração de cada compósito concebido, especialmente dos corpos de prova 1, 3 e 6.

## 4.

### Experimentos iniciais no formato de telhas

Após a realização dos ensaios para a verificação da resistência do material foram, deu-se início, durante o mês de dezembro de 2017, o desenvolvimento dos quatro primeiros experimentos no formato das telhas convencionais, feitos com compósitos laminados, objetivando verificar a possibilidade de uso do material especificamente para uso em sistemas de coberturas residenciais.

#### 4.1.

##### Método para a concepção das telhas

Diferentemente das técnicas construtivas tais como pau-a-pique, taipa de pilão, taipa de sopapo, entre outras, que em geral misturam as fibras, sovando-as ao barro, o método utilizado para a condução dos experimentos no desenvolvimento das telhas com estes materiais, emprega gestual mais leve e suave e com menos gasto de energia humana, sempre procurando obter cascas com espessuras que sejam adequadas ao uso do material para cada tipo de situação. Tanto a matriz quanto os reforços são dispostos separadamente em camadas sobrepostas umas as outras, sempre acomodados com a utilização da colher de pedreiro, que proporciona maior e melhor controle das quantidades aplicadas dos materiais e especialmente das espessuras desejadas, que em geral não ultrapassam 5 mm; propiciando ajustes da superfície, tornando-a mais uniforme possível.



Figura 88: Uso da colher de pedreiro para controlar quantidades e espessuras. Foto de RAMILO, V. J. S., 2017.

Para a produção dos experimentos telhas, foram reunidos todos os materiais e equipamentos necessários, tais como: telhas convencionais de plástico e de fibrocimento para molde, baldes, colher de pedreiro, plástico para forrar a superfície da mesa medindo 0,60 X 0,80 cm. Utilizou-se barro peneirado em trama para obtenção de grãos até 1 mm, livre de impurezas e previamente hidratado com água. Tomou-se o cuidado para que a massa não ficasse nem muito mole, nem muito dura, ou seja, com uma plasticidade adequada para a aplicação, tanto com as mãos, quanto para ser aplicada com ajuda de colher de pedreiro ou espátula. Além do sisal, foram utilizadas também as folhas de bambu e as raspas de bambu como reforço.

Ao final dos experimentos, foram analisadas, espessura, peso, tamanho e resistência mecânica dos compósitos, observando-se os pontos fracos e fortes de cada um.

## 4.2.

### Experimento Telha 1

O experimento Telha 1 foi realizado em 07/11/2017 com os seguintes materiais e quantidades: 2 kg de barro hidratado, 50 g de sisal e retalho de gaze industrial com o dobro da medida da superfície da madeira, medindo 1,20 m X 1,60 m. Inicialmente preparou-se a madeira isolando-a com o plástico.

Iniciou-se o experimento com a forração de metade da gaze sobre o filme plástico, pois o seu uso reduz sobremaneira o aparecimento de fissuras e rachaduras, provocado pela evaporação da água, durante o processo de cura. A outra metade da gaze deve cobrir o compósito envelopando-o por completo.



Figura 89: Superfície forrada com plástico e gaze industrial, pronta para receber a massa de fibrobarro. Foto de RAMILO, V. J. S., 2017.

Em seguida, com o auxílio de uma colher de pedreiro, espalhou-se sobre a gaze, camada da massa contendo 1 Kg de barro hidratado, com o propósito de deixar a superfície o mais uniforme possível e com no máximo 2 cm de altura.



Figura 90: 1 kg de barro reservados para aplicação sobre a superfície. Foto de RAMILO, V. J. S., 2017.

Após a aplicação da massa de barro sobre a gaze, aplicou-se 50 g sisal picado, quantidade suficiente de fibra para saturar o experimento e torná-lo mais leve e resistente.



Figura 91: 50 g de sisal reservados para produção do experimento Telha 1. Foto de RAMILO, V. J. S., 2017.

O sisal foi uniformemente distribuído por toda a superfície, de modo que nenhuma parte da superfície ficasse descoberta, já que fios deixados para fora do experimento servem de condutor para a água, levando-a para o interior do compósito, infiltrando-o por completo, podendo levá-lo mais tarde a desintegração.



Figura 92: Barro e sisal aplicados sobre a gaze. Foto de RAMILO, V. J. S., 2017.

Após a aplicação da primeira camada de barro e do sisal picado, aplicou-se a segunda e última camada de barro hidratado, contendo mais 1 kg sobre a camada de sisal. A segunda camada de barro foi espalhada, também com o auxílio da colher de pedreiro, com o objetivo de controlar a espessura do experimento e deixar a superfície totalmente uniforme, objetivando facilitar a impermeabilização com resina polimérica vegetal, logo após a sua cura.



Figura 93: Experimento Telha 1 pronto. Foto de RAMILO, V. J. S., 2017.

Para finalizar o experimento Telha 1, esticou-se sobre a camada de barro, a outra metade do retalho de gaze que ficou de fora, com o cuidado para envolvê-lo, envelopando-o por completo, inclusive as bordas, dando acabamento e preparando-o para a fase de impermeabilização. Ao seu término, o experimento Telha 1 foi colocado para secar sobre um retalho de telha de plástico convencional, para assimilar sua forma ondulada.



Figura 94: Experimento Telha 1 secando e assimilando a forma ondulada da telha convencional. Foto de RAMILO, V. J. S., 2017.

Os experimentos Telha 2, Telha 3 e Telha 4, foram realizados empregando a mesma metodologia do experimento Telha 1, nos quais foram mantidos o barro como matriz, porém substituídos os reforços e modificadas as quantidades.

#### 4.3.

##### Experimento Telha 2

A realização do experimento Telha 2, também ocorreu no dia 07/11/2017, no qual foram usados 2,5 kg de barro hidratado e 100 g de folhas de bambu trituradas, ambos obtidos no campus da PUC, retalho de gaze industrial medindo 1,20 m X 1,60 m, filme plástico.



Figura 95: Folhas de bambu trituradas. Foto de RAMILO, V. J. S., 2017.



Figura 96: Cura do experimento Telha 2, feito com folhas de bambu. Foto de RAMILO, V. J. S., 2017.

#### 4.4.

##### Experimento Telha 3

O experimento Telha 3 foi realizado no dia 14/11/2017 e da mesma forma que nos dois experimentos anteriores, o barro foi usado como matriz, porém foram trocados o reforço e as quantidades. Foram usados 2 Kg de barro hidratado, 50 g de sisal picado, retalho de gaze industrial medindo 1,20 m X 1,60 m e 200 ml de cola PVA (acetato de polivinila) na mistura.

A justificativa para o uso da cola no desenvolvimento da telha 3 foi dar mais coesão à massa, no entanto, observou-se que por conta do elevado percentual de água que ainda havia no barro hidratado, ocorreu o aparecimento de fissuras e rachaduras, precipitadas pela sua evaporação, durante o processo de cura.



Figura 97: Rachaduras e fissuras do experimento Telha 3, precipitadas pela evaporação da água. Foto de RAMILO, V. J. S., 2017.

#### 4.5.

##### Experimento Telha 4

O experimento Telha 4 foi realizado no dia 04/12/2017, usando-se o barro como matriz, porém foram adicionadas raspas de bambu trituradas como reforço, em substituição ao sisal. Foram usados 2,1 Kg de barro hidratado, 100 g e retalho de gaze industrial medindo 1,20 m X 1,60 m. Vale lembrar que as raspas de bambu são sobras obtidas do trabalho artesanal artístico que desenvolvo com bambu e por este motivo a sua oferta não é tão generosa, o que inviabiliza a produção de compósitos com este material, numa escala maior.





Figura 98: Raspas de bambu trituradas usadas como reforço no experimento Telha 4. Foto de RAMILO, V. J. S., 2017.



Figura 99: Experimento Telha 4 concluído. Foto de RAMILO, V. J. S., 2017.

#### 4.6.

##### **Aperfeiçoamento do material: pesos e medidas**

Após minuciosa inspeção, foi possível perceber que os primeiros experimentos telhas demonstraram alguma resistência mecânica, embora não tenham apresentado a rigidez esperada, flexionando em alguns pontos, o que nos levou a acreditar que o material necessita de aperfeiçoamento, afim para torná-lo mais coeso, além de ser padronizado no que diz respeito aos quesitos tamanho, peso e espessura. Convém lembrar que os experimentos iniciais foram concebidos para simples verificação do material sem preocupação com testes e por conta disso, não houve impermeabilização com a resina polimérica vegetal, que ao secar, enrijece o compósito como um todo, contribuindo sobremaneira para o aumento da resistência.

Neste ponto, é importante salientar que a metodologia de aproximações sucessivas, permite a busca gradativa pelo aperfeiçoamento do material, aferindo e adequando pesos e medidas, conforme vai sendo testado em laboratório ou no meio externo, apontando os usos mais adequados.



Figura 100: Telha feita com compósitos laminados. Foto de RAMILO, V. J. S., 2017.

Após a realização dos quatro primeiros experimentos telhas no formato das telhas convencionais, iniciou-se o processo para obtenção das próximas telhas, buscando-se, principalmente a redução do tamanho, peso e espessura, objetivando a padronizá-las. Em seguida, foram realizados testes do material em área externa, submetendo-os aos agentes naturais, tais como chuva, sol e ventos, para verificação da possibilidade de seu uso, não só como vedações e revestimentos, na forma de painéis e divisórias, mas principalmente como sistemas de coberturas residenciais de processos construtivos convencionais e de processos construtivos alternativos que fazem uso de estruturas de bambu.

#### 4.7.

##### **Sistemas de coberturas residenciais atuais**

Antes de iniciarmos os próximos experimentos para desenvolvimento de telhas feitas com compósitos laminados e de verificarmos a possibilidade de seu uso em sistemas de coberturas residenciais é necessário que se faça um breve histórico sobre o surgimento das telhas, como se desenvolveram ao longo dos anos e seu uso em diversos tipos de construções.

Durante muito tempo a telha foi a marca da arquitetura colonial. Embora no século XVI as boas construções, como casas de Câmara e Cadeia ainda usassem o sapé, aos poucos foram sendo substituídas por telhas. As telhas eram sempre cerâmicas, de capa e canal, ou capa e bica, também chamadas telhas canal ou colonial. No Brasil colônia, as telhas eram feitas em moldes de madeira. Fora do Brasil são conhecidas por telhas árabes ou mouriscas.

O fabrico de telhas em Portugal é antigo, pois as coberturas revestidas com telhas cerâmicas constituem um elemento tradicional na paisagem e cultura

portuguesa e que identifica uma forma de viver adaptada a cada uma das regiões em que são inseridas, (PEREIRA e MARTINS – Reabilitação: Materiais e Técnicas Tradicionais de Construção, 2005). No Brasil, este tipo de cobertura sofreu grande influência de nossos patrícios, que trouxeram a arquitetura colonial. Naquela época, o cozimento das telhas, também não era perfeito, como viria a ser no século XIX, quando aqui aparecem as telhas francesas ou Marselha e as telhas Romanas. Além desses modelos, surgiram também as telhas: Lusa, Canudo e Plana, distinguindo-se em suas características quanto à geometria e tipo de encaixe, tais como as que podemos ver nas figuras a seguir.



Figura 101: Telha Marselha.



Figura 102: Telha Romana. Fotos de PEREIRA, V. e

MARTINS, J. G., 2005.



Figura 103: Telha Lusa.



Figura 104: Telha Canudo. Fotos de PEREIRA, V. e MARTINS, J. G., 2005.

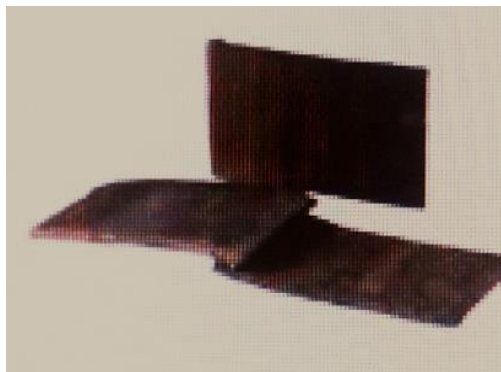


Figura 105: Telha Plana. Foto de PEREIRA, V. e MARTINS, J. G., 2005.

O processo de moldagem e cozimento davam a estas telhas, forma e coloração muito características, responsáveis pela aparência inconfundível das edificações coloniais, que tanto agradam às novas gerações. A telha cerâmica enquadra-se em qualquer paisagem, conferindo às construções uma beleza intemporal, conseguindo ajustar-se tão bem tanto na arquitetura urbana contemporânea, como na rural.

Segundo os autores, as coberturas das casas primitivas como as cabanas eram feitas com materiais perecíveis tais como o colmo e as cascas de certas árvores, folhagens e peles de animais.

Atualmente as telhas são qualificadas como produtos técnicos, correspondendo a requisitos rigorosos expressos em normas de especificação de característica e respectivos métodos de ensaio, complementados com ensaios funcionais para avaliação de desempenho, aplicáveis ao conjunto de coberturas, para simulação de exposições e condições climáticas típicas das diferentes regiões. De lá para cá, o desenvolvimento de telhas cresceu tanto, que hoje em dia é possível encontrar telhas feitas de vários materiais, formatos e tamanhos diferentes.

Atualmente existem diversos tipos de telhas sendo fabricadas, entre elas destacam-se as telhas desenvolvidas pela Brasilit, empresa do grupo francês Saint-Gobain, que utiliza diferentes matérias-primas em sua composição, tais como Cimento Portland, Carbonato de Cálcio, Celulose vegetal e Fios de reforço (PP). A celulose vegetal é a mesma matéria-prima utilizada na produção de papel, ou seja, celulose virgem e os fios de reforço usados são o polipropileno de origem orgânica, conhecido como PP, que conferem características específicas aos produtos, tornando-os mais flexíveis e mais resistentes ao transporte, gerando

baixo índice de quebras em relação à tecnologia que emprega o amianto como matéria-prima, produto cancerígeno, banido pela indústria.

Os produtos são submetidos aos testes previstos nas normas ABNT (NBR 15210 – Telhas Onduladas e NBR 5640 – Telhas Estruturais) e nas normas internacionais ISO (ISO 9933).

Chama-se de telhado qualquer tipo de cobertura em uma edificação, porém, o telhado, rigorosamente, é a cobertura de qualquer edificação, sendo apenas uma categoria de cobertura, em geral caracterizado por possuir um ou mais planos inclinados em relação à linha horizontal, diferentemente, por exemplo, das lajes planas ou das cúpulas. A cada um desses planos inclinados, dá-se o nome de água. A função principal do telhado é a mesma que a de qualquer outra cobertura: proteger o espaço interno do edifício das intempéries do ambiente exterior como chuva, vento, poeira, entre outros, também concedendo aos usuários aí localizados privacidade e conforto por meio de proteção acústica e térmica. Porém, diferentemente de outros sistemas de cobertura, o telhado também promove a captação e a distribuição das águas pluviais.

## 5.

### Desenvolvimento de telhas

Este tópico trata especificamente do desenvolvimento de telhas feitas com os compósitos laminados derivados do fibrobarro, para serem testadas em ambiente externo. Os experimentos foram realizados no LILD/PUC, entre os meses de dezembro de 2017 e junho de 2018.

Os experimentos foram realizados seguindo a metodologia das aproximações sucessivas, utilizando-se os mesmos reforços de antes, acrescentando-se os fios sisal e com aumento da quantidade de cola PVA. Os mesmos gestuais foram aplicados na concepção dos compósitos, no qual os materiais vão sendo sobrepostos em camadas alternadas, com a ajuda da colher de pedreiro para a obtenção das espessuras desejadas, formando o compósito laminado. Os materiais e equipamentos usados foram: mesa medindo 2 m, retalhos de madeira que servem de régua para controlar as espessuras do experimento e plástico resistente para forrar a mesa, gaze industrial, colher de pedreiro e espátula, baldes, balança eletrônica, recipientes para acondicionar materiais, tais como: o barro hidratado, as fibras de sisal e de raspas de bambu trituradas das espécies *Dendrocalamus Giganteus* e *Bambusa Vulgaris*, obtidas no Campus da PUC.

Antes de se iniciar os experimentos, o barro foi peneirado em peneira de farinha com trama para obtenção de grãos até 1 mm e em seguida, hidratado nas seguintes quantidades: 17 Kg de barro em 8,5 L de água, no dia 19/10/2017 e 20 Kg em 8 L de água, no dia 03/01/2018.



Figura 106: Mesa para a produção da telha. Foto de RAMILO, V. J. S., 2017.





Figura 107: Gaze industrial forrada sobre o plástico. Foto de RAMILO, V. J. S., 2017.

## 5.1.

### Telha 1

O desenvolvimento da Telha 1 ocorreu no dia 27/12/2017. De início, cobriu-se a mesa com o plástico para que o experimento não ficasse agarrado na superfície. Em seguida, cobriu-se o plástico com o retalho de gaze industrial medindo 1,90 X 3,80 m. A medida da gaze foi usada em dobro na largura para permitir, ao final de sua execução, o envelopamento do experimento por completo, inclusive das bordas. Após a colocação da gaze, aplicou-se camada inicial contendo 12 Kg de barro hidratado, distribuída uniformemente com a ajuda de uma colher de pedreiro, para controlar a espessura da massa e não deixar espaços vazios. Em seguida, a massa de barro foi coberta com 1,1 kg de raspas de bambu, distribuídas uniformemente, até a saturação do compósito.



Figura 108: Aplicação das raspas de bambu triturado. Foto de RAMILO, V. J. S., 2017.

Para terminar, foram aplicados mais 15 kg de barro hidratado, completando o “sanduíche” que compõe o compósito, que ao final ficou com espessura aproximada de 1 cm.



Figura 109: Espessura do compósito com aproximadamente 1 cm. Foto de RAMILO, V. J. S., 2017.



Figura 110: Telha 1 feita com compósitos laminados, finalizada. Foto de RAMILO, V. J. S., 2017.



Figura 111: Telha feita de compósitos laminados colocada em cima da telha convencional para assimilar as curvas no período de cura. Foto de RAMILO, V. J. S., 2017.

A cura da telha 1 ocorreu no período compreendido entre 27/12/2017 e 09/01/2018, até o seu descarte, devido as avarias sofridas ao ser retirada de cima da telha convencional, onde foi colocada para assimilar a forma, desintegrando-se por completo. Ao final da cura, a telha 1 não foi impermeabilizada com a resina polimérica, devido as avarias causadas pelo acidente.

## 5.2.

### Telha 2

A realização da telha 2 ocorreu no dia 10/01/2018, do mesmo modo como na telha 1. Inicialmente forrou-se a mesa com o plástico, para que o compósito



não ficasse agarrado na superfície. Em seguida, cobriu-se ao plástico com o retalho de gaze industrial medindo 1,90 X 3,20 m, ou seja, com o dobro da medida da telha convencional usada como exemplo, para envelopar o experimento por completo. Foram utilizados 18 kg de barro hidratado, aplicando-se sobre a gaze, uma primeira camada contendo 11 Kg de barro hidratado. Com a ajuda da colher de pedreiro, distribuiu-se a massa uniformemente de modo que a mesma não ultrapassasse 1 cm de espessura.

Para reforçar o compósito como um todo, foram colocados nove fios de sisal, no sentido transversal à telha, enrolados e embebidos em cola PVA, para que ficassem rígidos. A utilização dos fios de reforço ocorreu a exemplo das telhas que são produzidas atualmente pela indústria, que utilizam fios de reforço, de origem orgânica; polipropileno, conhecido como PP. Telhas fabricadas com Asbestos foram banidas do mercado por serem tóxicas.

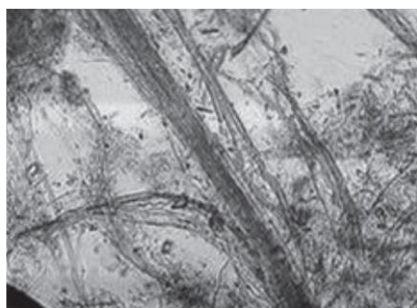


Figura 112: Telhas fabricadas com Asbestos. Brasil. Fonte: Catálogo das Telhas Eternit.

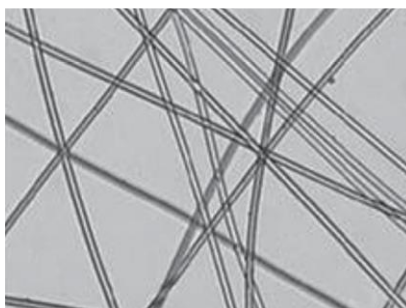


Figura 113: Telhas fabricadas com PP



Figura 114: Aplicação dos fios de sisal para reforçar a telha. Foto de RAMILO, V. J. S., 2018.

Após a aplicação massa de barro e da colocação dos fios de sisal, foram aplicados 500 g de sisal picado com aproximadamente 0,30 cm de comprimento, cobrindo a massa uniformemente. A quantidade de sisal foi suficiente para saturar

o compósito de modo a cobri-lo por inteiro sem deixar espaços vazios, conforme pode ser visto nas figuras 115 e 116.



Figura 115: Aplicação do sisal. Foto de RAMILO, V. J. S., 2018.



Figura 116: Aplicação do sisal, até a saturação. Foto de RAMILO, V. J. S., 2018.

Em seguida, foram aplicados mais 7 Kg de barro hidratado sobre o sisal picado, com a ajuda da colher de pedreiro, sempre uniformizando a massa e corrigindo a espessura do compósito, ajustando possíveis falhas. Por último, o experimento foi coberto com outro retalho de gaze, a fim de evitar trincas e rachaduras.



Figura 117: Finalizando o experimento com a colocação da gaze para reduzir o aparecimento de fissuras e rachaduras. Foto de RAMILO, V. J. S., 2018.



Figura 118: Telha 2 finalizada, feita com compósitos laminados. Foto de RAMILO, V. J. S, 2018.

Para finalizar, a telha feita com compósitos laminados foi arrastada da mesa onde foi feita para cima da telha de plástico convencional, com a ajuda do plástico forrado previamente. A telha de plástico serve de base e molde para que o compósito assuma a forma da telha convencional, ao longo do período de cura.



Figura 119: Telha de plástico como base para a telha de compósitos laminados. Foto de RAMILO, V. J. S, 2017.

### 5.2.1

#### Impermeabilização da Telha 2

A impermeabilização da Telha 2 ocorreu em dias diferentes e apenas na superfície superior, pois foi necessário esperar a cura da resina de mamona por alguns dias, para a impermeabilização da superfície inferior.

A impermeabilização ocorreu no dia 23/01/18, utilizando-se 140 ml na superfície superior e no dia 29/01/18 com 140 ml na superfície inferior. Para a aplicação da demão da resina, foram usados 180 ml para as superfícies superior e posterior. Ao final da cura, a telha 2 mediu 1,03 m<sup>2</sup> (1,85 x 0,56 m) e pesou aproximadamente 11,02 Kg/m<sup>2</sup>, com aproximadamente 2 cm de espessura.

### 5.3.

#### Telha 3

A exemplo das telhas 1 e 2, o desenvolvimento da Telha 3, seguiu o mesmo método e ocorreu no dia 25/04/2018. Inicialmente forrou-se a mesa com o plástico para que o ensaio não ficasse agarrado. Em seguida, o plástico foi coberto com o retalho de gaze industrial medindo 1,90 m X 3,20 m e sobre ele foi colocado 16 Kg de barro previamente hidratado, com a ajuda de uma colher de pedreiro, distribuindo a massa uniformemente de modo que a mesma não ultrapassasse a espessura desejada de 2 cm aproximadamente. Após a aplicação do barro hidratado, a massa foi coberta com 200 g de sisal cortado em fios medindo 30 cm aproximadamente. A aplicação do sisal foi feita até a saturação do compósito, de modo a não deixar espaços vazios. Da mesma forma como na telha 2, também foram usados os fios de sisal como reforço, enrolados e embebidos em cola PVA, medindo 0,90 cm de comprimento, colocados no sentido transversal ao da telha.



Figura 120: Aplicação do sisal cortado e dos fios de sisal para reforçar a telha. Foto de RAMILO, V. J. S, 2018.

Em seguida foram aplicados mais 8 kg de barro hidratado sobre o sisal picado, sempre uniformizando a massa e corrigindo a espessura do compósito, ajustando possíveis falhas com a colher de pedreiro. Por último, o experimento foi coberto com o retalho de gaze que ficou do lado de fora, de modo a envelopá-lo, inclusive as bordas, a fim de evitar trincas e rachaduras.



Figura 121: Cobrindo o experimento da Telha 3 com a gaze e dando acabamentos. Foto de RAMILO, V. J. S, 2018.



Figura 122: Telha 3 em processo de cura. Foto de RAMILO, V. J. S, 2018.

### 5.3.1.

#### Impermeabilização da Telha 3

A impermeabilização da Telha 3 ocorreu no dia 22/05/18, nas superfícies superior e inferior. Para a aplicação da primeira mão, utilizou-se 375 ml da resina polimérica de mamona sobre a superfície superior e 200 ml para a superfície inferior. Para a aplicação da demão, foram usados 100 ml da resina, apenas na superfície superior. Ao final do período de cura, a Telha 3 mediu  $1,49 \text{ m}^2$  ( $1,87 \times 0,80 \text{ m}$ ) e após a impermeabilização com resina de mamona, pesou aproximadamente  $14,76 \text{ Kg/m}^2$ , com aproximadamente 2 cm de espessura.

## 5.4.

### Construção de estrutura de bambu para teste das telhas

Este tópico trata da construção de uma estrutura com colmos de bambus, das espécies *Bambusa Vulgaris* e *Bambusa Vittata*, ambas colhidas no Campus da PUC/Rio. A estrutura foi construída do modo mais simples possível, economizando materiais, energia e tempo, com o objetivo exclusivo de apoiar as telhas desenvolvidas com compósitos laminados e desse modo testar o material em área externa, submetendo-o aos agentes naturais, tais como chuva, sol e ventos.

O processo de construção da estrutura teve início no dia 07/05/2018 com o corte dos colmos de bambu, no terceiro dia lua minguante, época de estiagem ideal para o corte, pois os colmos estão mais secos e em decorrência disso, menos propensos ao ataque de insetos xilófagos, predadores naturais desse tipo de gramínea e mais leves e fáceis de serem beneficiados.



Figura 123: Colmos de bambus da espécie *Bambusa Vulgaris*, usados para construir a estrutura. Foto de RAMILO, V. J. S., 2018.

A área usada para a construção da estrutura pertence ao NEAM, parceiros do LILD desde os anos 80, e fica situada ao lado do LILD. A área mede aproximadamente 3,04 m<sup>2</sup> e possui um piso bastante irregular, já que é constituído de brita e pedras maiores, o que dificultou bastante a cavação das covas para a fixação dos pilares de bambu, que medem 2,30 m de altura. Os colmos de bambu



foram beneficiados tendo os entrenós perfurados para diminuir a resistência e em seguida encabeçados nas bases, com garrafas pet para que tenham seus tempos de vida prolongados, dentro das covas, onde serão fixados. O encabeçamento consiste em vedar ao máximo a base de cada bambu de modo que o pet fique totalmente ajustado ao colmo, através da aplicação de calor. O pet vai deformando, à medida que se vai aplicando calor e virando o colmo, ajustando-se perfeitamente ao colmo. Em seguida, foram cavadas quatro covas com aproximadamente 40 cm de profundidade e nelas foram fixados os colmos de bambu encapsulados com o pet.



Figura 124: Fixação dos pilares de bambu nas covas. Foto de RAMILO, V. J. S., 2018.

Para tornar a estrutura firme, os pilares foram unidos por segmentos de bambu, através de sistema de torniquetes, que amarra toda a estrutura, usando-se apenas corda de polipropileno de 3 mm e tocos de bambu ou madeira para fazer o giro e apertar a amarração até o ponto ideal, sem arrebentar a corda.



Figura 125: União dos pilares com colmos de bambu, através de amarração usando o sistema de torniquete. Foto de RAMILO, V. J. S., 2018.

Após a amarração e estruturação dos pilares, deu-se início a construção dos triângulos, responsáveis pela inclinação das telhas, indicando o lado onde a água da chuva vai escorrer. Optou-se pela construção do telhado contendo apenas um plano inclinado, tendo como base dois triângulos retângulos, um para cada lado da estrutura; que possuem um ângulo agudo adjacente de aproximadamente  $15^\circ$ , o que representa uma inclinação aproximada de 27%, que segundo as normas do catálogo do Centro de Treinamento da Brasilit, empresa do grupo Saint-Gobain, é a inclinação mínima recomendada, seguindo os cálculos para sistemas de coberturas convencionais, dependendo do tipo de telha a ser usada. O triângulo foi construído com colmos de bambu do gênero *Phyllostachys áurea* e amarrado à estrutura, também no sistema de torniquetes. Esse gênero de bambu, apesar de possuir diâmetro menor, possui grande resistência, possibilitando boa amarração e ajuste, conferindo mais firmeza à estrutura.

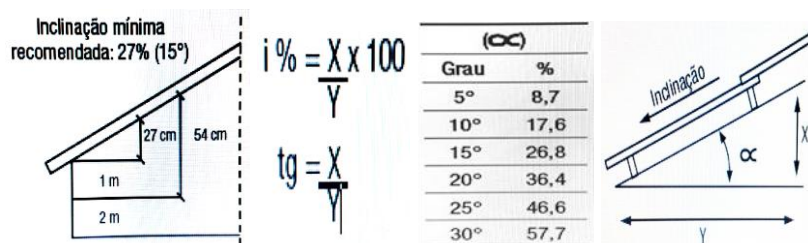


Figura 126: Inclinação recomendada para sistemas de coberturas convencionais, usando a telha Fibrotex. Fonte: Catálogo do Centro de Treinamento da Brasilit.



Figura 127: Fixação dos triângulos no alto da estrutura para dar inclinação à queda da água de chuva. Foto de RAMILO, V. J. S., 2018.

Após a fixação dos triângulos, foram amarradas ripas servem de apoio para as telhas, no sentido da largura, com distância de aproximadamente de 18 cm entre elas, levando-se em consideração o tamanho e o peso das telhas, já que o



material sofre deformações, quanto maior o comprimento e a largura. Levou-se em consideração também, a inclinação mínima recomendada de 15° (27%) como é possível ver nas figuras 128 e 129.



Figura 128: Amarração das ripas sobre o triângulo. Foto de RAMILO, V. J. S., 2018.



Figura 129: Estrutura de bambu pronta para receber as telhas. Foto de RAMILO, V. J. S., 2018.

### **TELHA 2:**

Recobrimento longitudinal: 0 cm      Recobrimento lateral: 5 cm

Área útil =  $(1,85 - 0) \text{ m} \times (0,75 - 5) \text{ m}$

Área útil =  $1,85 \text{ m} \times 0,70 \text{ m}$

Área útil =  $1,15 \text{ m}^2$

### **TELHA 3:**

Recobrimento longitudinal: 0 cm      Recobrimento lateral: 0 cm

Área útil =  $(1,87 - 0) \text{ m} \times (0,80 - 0) \text{ m}$

Área útil =  $1,87 \text{ m} \times 0,80 \text{ m}$

Área útil =  $1,496 \text{ m}^2$

### 5.4.1.

#### Colocação das telhas na estrutura de bambu para testes

A colocação das telhas 2 e 3 sobre a estrutura ocorreu no dia 29/05/2018, dando início aos testes, que foram realizados durante todo o período de estiagem que ocorre na região Sudeste, período que corresponde ao nosso inverno, no qual o regime de chuvas é bem menor ao do período que corresponde às estações primavera/verão no Rio de Janeiro. Embora a soma das áreas das telhas 2 e 3 tenha medido 2,41 m<sup>2</sup>, insuficiente para cobrir toda a superfície da estrutura de bambu, que mede 3,15 m<sup>2</sup> (1,80 X 1,75), as telhas 2 e 3 foram colocadas para teste em razão do cronograma apertado, enquanto novas telhas iam sendo produzidas, durante este período.



Figura 130: Colocação das telhas 2 e 3 na estrutura de bambu. Foto de RAMILO, V. J. S., 2018.



Figura131: Telhas 2 e 3 colocadas na estrutura de bambu para testes em área externa. Foto de RIPPER, L. A., 2018.

## 5.5.

### Testes das telhas 2 e 3 e o regime de chuvas no período

As telhas 2 e 3 foram testadas entre os meses de junho a setembro de 2018, período em que a ocorrência de chuvas é menor na região Sudeste do Brasil e mais especificamente no Rio de Janeiro, local onde foi realizada a pesquisa.

O clima contribuiu bastante para a realização dos testes com as telhas, levando em consideração que neste período normalmente, o regime de chuvas é bem mais reduzido do que o regime de chuvas que ocorre no período de primavera/verão. Os testes foram realizados com a colocação das telhas no meio externo para verificação do material compósito sob a influência do tempo, através de observações diárias visuais e manuais, contando apenas com a utilização de termômetro para verificação da temperatura e de uma garrafa pet para a coleta da água da chuva.

Vale ressaltar que o LILD é cercado por muitas árvores e é muito úmido, o que contribui para o acúmulo de água. O laboratório fica situado no Campus da PUC/Rio, no bairro da Gávea, zona sul do Rio de Janeiro, à beira do Rio Rainha, que corta todo o bairro e deságua na Lagoa Rodrigo de Freitas. O lugar sofre grande ocorrência de chuvas, mesmo nos meses de estiagem, tal como as que foram registradas nos dias 26/05, 04/06, 09/06, 10/06, 13/06, 14/06 e 17/06/2018, porém no mês de julho, choveu muito pouco na cidade. Conforme informações obtidas do site <http://www.climatempo.com.br> - Clima Tempo em 02/08/2018, várias frentes frias conseguiram chegar ao litoral do estado do Rio de Janeiro, durante o mês de julho de 2018, mas nem todas provocaram chuva generalizada sobre a capital fluminense. Entre as capitais da Região Sudeste, o Rio de Janeiro foi a mais privilegiada com a chuva das frentes frias, mas que caiu de forma bastante irregular sobre a cidade. Segundo medições feitas pelo Alerta Rio - Prefeitura da cidade do Rio de Janeiro, o mês de julho de 2018 terminou com chuvas muito abaixo da média histórica em todas as regiões cariocas. O bairro onde mais choveu foi o Alto da Boa Vista, que acumulou 101,9 mm, mas este volume ficou quase 50% abaixo da média histórica de julho. O bairro da Urca foi a região da cidade que recebeu menos chuva em julho de 2018, acumulando apenas 8 mm, 91% abaixo da média. De acordo com os números divulgados pelo Alerta Rio - Prefeitura do Rio de Janeiro; é possível verificar os bairros que receberam os cinco maiores volumes de chuva e os cinco menores volumes de

chuva na cidade do Rio de Janeiro em julho de 2018, conforme mostram as tabelas 8 e 9.

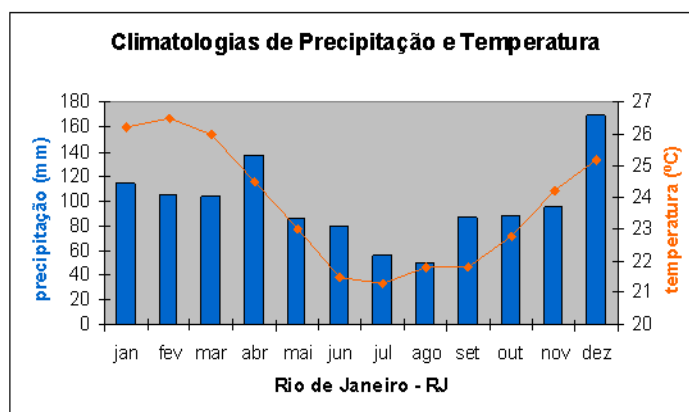
Tabela 8: Maiores acumulados de chuva no mês de Julho de 2018.

RIO DE JANEIRO (RJ) maiores acumulados de chuva em julho de 2018			
Local	julho 2018 (mm)	média julho (mm)	% da média
Alto da Boa Vista	109,4	211,9	-48,4
Rocinha	79,0	145,3	-45,6
Vidigal	73,0	94,9	-23,1
Barra/Barrinha	54,2	106,4	-49,1
Barra/Riocentro	52,2	77,4	-32,6
Fonte: Alerta Rio – Prefeitura do Rio de Janeiro			CLIMATEMPO

Tabela 9: Menores acumulados de chuva no mês de Julho de 2018.

RIO DE JANEIRO (RJ) menores acumulados de chuva em julho de 2018			
Local	julho 2018 (mm)	média julho (mm)	% da média
Irajá	12,4	37,8	-67,2
Ilha do Governador	10,4	38,6	-73,1
Piedade	9,4	52,9	-82,2
Grande Méier	8,8	44,3	-80,1
Urca	8,0	73,4	-89,1
Fonte: Alerta Rio – Prefeitura do Rio de Janeiro			CLIMATEMPO

Tabela 10: Dados sobre as chuvas e a temperatura do Rio de Janeiro, durante o ano de 2018. Fonte: <http://clima1.cptec.inpe.br/monitoramentobrasil/pt>



Expostas à ação do tempo, as telhas 2 e 3 sofreram desgaste considerável, não só pela ação das chuvas que caíram no período, que infiltrou totalmente o material, mas também por conta das avarias sofridas pelo impacto da queda de galhos e folhas de uma enorme jaqueira que fica próxima sobre a estrutura, conforme é possível ver na figura a seguir.



Figura 132: Galhos e folhas que caíram das árvores e perfuraram as telhas, contribuindo para a infiltração da água de chuva e desintegração do material compósito. Foto de RAMILO, V. J. S, 2018.





Figura 133: Quebra do triângulo, que contribuiu para a deformação e desintegração da telha com infiltração da água de chuva. Foto de RAMILO, V. J. S, 2018.



Anexo 09: Vídeo 09: Triângulo quebrado devido ao excesso de peso provocado pela infiltração da água de chuva nas Telhas 2 e 3. Vídeo de RAMILO, V. J. S, 2018.



Figura 134: Furos feitos nas telhas devido à queda de galhos. Foto de RAMILO, V. J. S, 2018.



Figura 135: Telha com água da chuva infiltrada. Foto de RAMILO, V. J. S., 2018.

Voltou a chover muito forte na região metropolitana do Rio de Janeiro em 07/08/2018, durante toda a noite, o que ocasionou muitos alagamentos e destruição em vários bairros. Também choveu no dia 27/08/2018, durante a madrugada e também ao longo do dia, quando se constatou que as telhas estavam totalmente estufadas pela absorção da água que se infiltrou, através da camada impermeabilizante, por conta das trincas que apareceram ao longo do período de testes e dos furos feitos no material pela queda de galhos. O acidente que acarretou a quebra de um dos triângulos contribuiu para o aumento do peso sobre a estrutura que não suportou o excesso de carga. A quebra do triângulo fez com que as telhas 2 em 3 empenassem, deformando o material, contribuindo para a infiltração da água da chuva.

O mesmo ocorreu com o experimento de TEIXEIRA FILHO (2013, p. 75-85), quando a telha em estudo apresentou rachaduras superficiais ao longo da bica e descolamento da gaze da face da manta de fibrobarro, propiciando a penetração de água de chuva que ficou evidenciada pela formação de um bolsão na parte inferior da telha e seu total encharcamento. O autor sustenta a tese de que o material não é viável para uso no meio externo, pois não resiste à água da chuva, que provoca infiltrações, inchaço e consequentemente a desintegração das telhas.

Neste ponto observou-se a importância que se deve dar às características e propriedades da resina polimérica a ser usada na impermeabilização, ou seja, se a resina usada é monocomponente ou bicomponente, já que até o momento, a resina polimérica vegetal monocomponente não conferiu a dureza que esperava nos compósitos concebidos, ao contrário dos experimentos impermeabilizados com resina polimérica bicomponente, concebidos durante o mestrado, como pode ser visto em SANTOS, V. J. (2012, p.63-71). Estes experimentos foram feitos utilizando-se como matriz 60 g de barro hidratado e 65 g de polpa de papel

acartonado e/ou capim como reforço, adicionando-se de 10 a 20 ml de cola PVA, dando origem a oito corpos de prova que foram impermeabilizados com a resina a base de poliuretano vegetal bicomponente IMPERVEG UG 132 A. Em testes realizados recentemente com oito compósitos (corpos de prova 3, 5, 6, 7, 8, 14, 15 e 16) imersos em água, durante 33 horas seguidas, apenas os compósitos 14 e 15 não infiltraram, permanecendo absolutamente rígidos e sem qualquer deformação, comprovando a rigidez que a resina bicomponente confere aos compósitos, quando totalmente secos. Todos os demais compósitos infiltraram, devido a impermeabilização incorreta sobre as suas superfícies irregulares, que não permitiram a penetração da resina polimérica bicomponente.



Figura 136: Corpos de prova concebidos durante o mestrado, imersos em água para testes. Foto de RAMILO, V. J. S., 2019.



Anexo 10: Vídeo 10: Telhas 2 e 3 infiltradas pela água da chuva. Vídeo de RAMILO, V. J. S., 2018.

Após dez dias de observação, no dia 06/09/2018 as telhas foram inspecionadas e fotografadas, observando-se as avarias causadas pela ação do tempo e pelo acidente com galhos.





Figura 137: Telhas desintegradas pela infiltração da água da chuva e pela queda de galhos da árvore. Foto de RAMILO, V. J. S, 2018.



Anexo 11: Vídeo 11: Telhas 2 e 3 retiradas da estrutura, desintegradas, após a infiltração da água de chuva em 17/09/2018. Vídeo de RAMILO, V. J. S, 2018.

A desintegração do material nos levou ao desenvolvimento de outras telhas utilizando materiais que haviam sido usados, durante o mestrado, tais como as polpas de papel e papelão e a cola branca, objetivando a concepção de telhas com tamanhos menores e mais leves e reduzindo suas espessuras, porém sem diminuir a resistência mecânica do material, além do uso da goma laca como substância impermeabilizante em substituição a resina polimérica monocomponente.

As telhas desintegradas são reaproveitadas e devolvidas ao torrão do LILD, já que os materiais usados na sua composição, inclusive os produtos utilizados na impermeabilização, são atóxicos, contribuindo para a desmaterialização dos materiais, discutida por BILIK, T. (Pós-graduanda da UTFPR) e HEEMANN, A. (Dr. UFPR), (2016) no artigo: A Desmaterialização Como Estratégia de Ecodesign: Observação de um Centro Educacional. O reaproveitamento do material em estudo, não é apenas uma contribuição ao meio ambiente, mas uma alternativa a mais para a busca de soluções do Design Contemporâneo orientado à Sustentabilidade, trazendo outras possibilidades de uso, tal como afirma KRUCKEN (2009, p.44), quando diz que um dos principais desafios do design contemporâneo, consiste em “suportar o desenvolvimento de

soluções para questões de alta complexidade, que exigem uma visão abrangente do projeto, envolvendo produtos, serviços e comunicação de forma conjunta e sustentável”.

Desse modo, a pesquisa com compósitos laminados artesanais derivados do Fibrobarro vai de encontro tanto com o pensamento de PAPANNEK (2007, p.31) quando diz que as decisões dos designers “podem ter consequências ecológicas de grande alcance e a longo prazo”, pois eles são um dos responsáveis por cogitar e selecionar materiais, processos produtivos e de definir o modo de operação de produtos, serviços e sistemas, quanto com o conceito de EcoDesign, definido pelo IDHEA (2009) como a ferramenta de projeto utilizada para o desenvolvimento de serviços e produtos, cujos processos não resultem em impactos sobre o meio ambiente, minimizando o consumo de matérias-primas, a redução da emissão de poluentes e efluentes e a geração de resíduos, contribuindo para a “desmaterialização” dos compósitos, quando em desuso, tal como as telhas que se desintegraram e são devolvidas ao torrão de barro, que conservamos no LILD, para reaproveitamento do material no desenvolvimento de pesquisas voltadas à sustentabilidade.

Vale ressaltar neste ponto, a importância de dar função aos objetos criados no laboratório, não importando o acerto e sim o aprendizado com os erros que se apresentam durante o percurso da pesquisa, permitindo sua continuidade, direcionando-a para o encontro de soluções dos problemas encontrados e apontando outros caminhos ainda não percorridos e investigados.

## 5.6.

### **Introdução da polpa de papel como reforço e da cola PVA como aglutinante**

O desgaste do material compósito provocado pela ação do tempo e pelos eventuais acidentes motivou a realização de mais sete experimentos, no final de 2018, com objetivo de melhorar a resistência mecânica do material como um todo, que ainda carece de desenvolvimento, mais especificamente quanto à impermeabilização com a resina polimérica de mamona, que confere mais resistência ao material e número de mãos aplicadas. Neste ponto da pesquisa,

verificou-se o esgotamento de todas as possibilidades de uso do barro como matriz na concepção das telhas, pois o material ao secar não mantém o compósito coeso e aglutinado, justificando-se dessa maneira, a introdução da polpa de papel como alternativa para ganho de resistência do compósito como um todo.

Os experimentos foram realizados seguindo a metodologia das aproximações sucessivas, utilizando-se os mesmos reforços de antes, tais como as fibras de sisal e as raspas de bambu, acrescentando ou substituindo por outras ainda não utilizadas, como a serragem de madeira e as folhas da tamareira, que podem ser encontradas com facilidade no campus da universidade. Houve acréscimo da polpa de papel como reforço e aumento da quantidade de cola PVA.

Para a concepção dos compósitos a seguir, aplicou-se o mesmo gestual, no qual os materiais vão sendo sobrepostos em camadas alternadas, tendo a colher de pedreiro como equipamento/ferramenta fundamental para controle das espessuras desejadas.

### 5.6.1.

#### Telha 4

O desenvolvimento da Telha 4 ocorreu no dia 08/08/2018, sem o acréscimo da polpa de papel. Para o processo foram reservados 24 kg de barro hidratado, dividido em duas partes, sendo 11 kg para a primeira camada e 13 kg para a segunda, 700 g de serragem de madeira triturada e 125 g de cola branca, diluída em 125 ml de água e retalho de gaze industrial. A mistura foi esticada sobre a gaze e em seguida, colocada na telha de plástico para secar e ganhar a forma da telha. A justificativa para o uso da serragem de madeira triturada é aumentar a resistência do material, além de reaproveitar o material descartado em grandes quantidades.

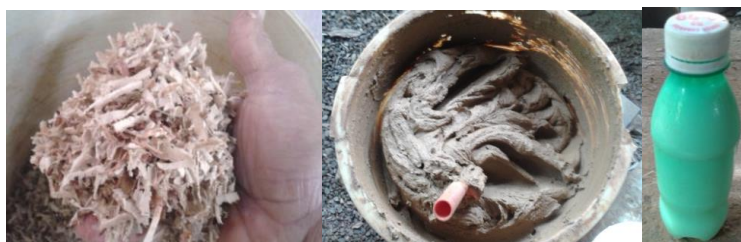


Figura 138: Serragem de madeira, barro hidratado e cola branca. Foto de RAMILO, V. J. S, 2018.



Figura 139: Telha 4 feita com serragem de madeira, barro hidratado e cola branca. Foto de RAMILO, V. J. S, 2018.

Ao final do processo, a Telha 4 foi colocada para secar, até a sua impermeabilização com resina polimérica de mamona.



Figura 140: Espessura da Telha 4 com aproximadamente 1 cm. Foto de RAMILO, V. J. S, 2018.

#### 5.6.1.2.

##### Impermeabilização da Telha 4

A impermeabilização da Telha 4 ocorreu em duas fases, por conta do peso apresentado por ela, o maior entre todas produzidas até então, e também em razão da alta viscosidade apresentada pela resina polimérica de mamona, o que dificultou a sua aplicação e seu rendimento. A primeira fase da impermeabilização ocorreu no dia 03/09/2018 com 250 ml de resina. A segunda fase da impermeabilização ocorreu no dia 24/09/2018 utilizando-se 350 ml de resina na superfície inferior. As aplicações foram feitas sem demãos.

Convém explicar que a viscosidade apresentada pela resina se deu pelo excesso de umidade do ar e pela entrada de ar no recipiente, o que dificultou a sua aplicação diminuindo o rendimento da substância na impermeabilização das superfícies, sendo inicialmente necessária a cura de um dos lados, para que depois ocorresse a virada de lado e consequentemente a impermeabilização da outra face.

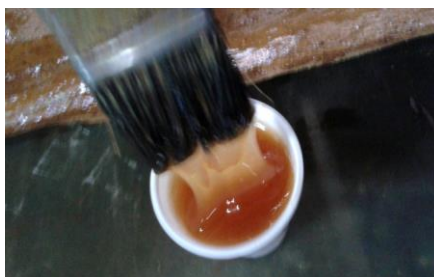


Figura 141: Impermeabilização da Telha 4: viscosidade e rendimento da resina polimérica vegetal. Foto de RAMILO, V. J. S, 2018.

Ao final da cura, a Telha 4 mediu  $1,04 \text{ m}^2$  ( $1,68 \text{ m} \times 0,62 \text{ cm}$ ) e pesou  $15,96 \text{ Kg/m}^2$  com aproximadamente 2 cm de espessura.

### 5.6.2.

#### Telha A

A Telha A foi desenvolvida no dia 15/10/2018 usando-se 3 Kg de barro hidratado, divididos em 3 partes com 1 kg cada, 210 g de sisal picado medindo 30 cm, dividido em três molhos e pesando 70 g cada, 1 kg de polpa de papel, 60 g de cola branca, 60 ml de água e gaze industrial. Os ingredientes foram sovados e misturados com a ajuda de uma colher de pedreiro e em seguida, a mistura foi esticada sobre a gaze industrial.



Figura 142: Barro hidratado, polpa de papel e sisal para a produção da Telha A. Foto de RAMILO, V. J. S, 2018.



Figura 143: Produção da Telha A. Foto de RAMILO, V. J. S, 2018.

Em seguida, a Telha A foi colocada para secar sobre a telha de plástico para assumir a forma de telha.



Figura 144: Cura da Telha A. Foto de RAMILO, V. J. S, 2018.

#### 5.6.2.1

##### Impermeabilização da Telha A

A impermeabilização da Telha A ocorreu no dia 08/11/2018, utilizando-se 160 ml de resina polimérica de mamona, sendo 80 ml para cada lado da telha. Convém lembrar, que a resina era naquele momento o único produto impermeabilizante disponível para uso no laboratório, apresentando característica de gel demasiadamente viscoso, quase endurecendo, o que dificultou muito a sua aplicação, influenciando no seu rendimento. Para a demão foram utilizados 40 ml, apenas na superfície superior.

Ao final do período de cura, a telha A mediu  $0,19 \text{ cm}^2$  ( $0,44 \times 0,44 \text{ cm}$ ) e pesou  $789 \text{ g/m}^2$ , com espessura aproximada de 1 cm; tamanho e peso menores do que as telhas produzidas anteriormente, visando evitar futuras deformações e ruptura do material no recobrimento de vãos maiores, facilitando o manejo e o transporte.

#### 5.6.3.

##### Telha B

A produção da Telha B teve início no dia 19/10/2018 e para o processo foram reservados os materiais, divididos em duas partes iguais: 6 kg de barro hidratado, 500 g de polpa de papel, 200 g de raspas de bambu, 60 g de cola branca, acrescida de 60 ml da água, e retalho de gaze industrial medindo  $0,61 \times 0,55 \text{ cm}$ .





Figura 145: Materiais usados para o desenvolvimento da Telha B: barro hidratado, polpa de papel, raspas de bambu e cola. Foto de RAMILO, V. J. S, 2018.



Figura 146: Acomodação dos materiais sobre a gaze industrial para a Telha B. Foto de RAMILO, V. J. S, 2018.

Após a acomodação do material compósito, o mesmo foi coberto e envelopado com a gaze industrial. Em seguida, a Telha B foi colocada para secar, até a sua impermeabilização.



Figura 147: Telha B em processo de cura. Foto de RAMILO, V. J. S, 2018.

### 5.6.3.1

#### Impermeabilização da Telha B

A impermeabilização da Telha B ocorreu no dia 08/11/2018, na qual foram utilizados 160 ml de resina de polimérica de mamona na primeira mão, divididos em 80 ml para cada lado da telha. A demão foi aplicada no dia 26/12/2018, utilizando-se 40 ml da resina. Ao término do processo de cura a Telha B mediu

0,36 cm<sup>2</sup> (0,62 x 0,59 cm) e pesou 1,255 Kg/m<sup>2</sup>, com espessura aproximada de 1,0 cm.

#### 5.6.4.

##### Telha C

A produção da Telha C ocorreu no dia 22/10/2018. Foram usados 6 Kg de barro hidratado, 1 Kg de polpa de papel, 300 g de fibras de tamareira aproximadamente, 60 g de cola e 60 ml de água na mistura. A justificativa para o uso da fibra de tamareira é testar um novo material fibroso, ainda não usado na pesquisa, podendo ser encontrado com facilidade no campus da PUC/Rio, local onde dispõe de alguns exemplares da planta.



Figura 148: Fibras da Tamareira. Foto de RAMILO, V. J. S, 2018.



Figura 149: Telha C desenvolvida com fibras da Tamareira. Foto de RAMILO, V. J. S, 2018.

Após o seu término, a Telha C foi colocada para secar sobre a telha de PVC para assumir a forma da telha de plástico.





Figura 150: Telha C em processo de cura. Foto de RAMILO, V. J. S, 2018.

#### 5.6.4.1

#### Impermeabilização da Telha C

A impermeabilização da Telha C ocorreu no dia 26/12/2018, na qual foram utilizadas 120 ml de resina polimérica de mamona para cada superfície da telha, na primeira mão. Ao final da cura mediu  $0,32 \text{ cm}^2$  ( $0,63 \times 0,54 \text{ cm}$ ) e pesou  $1,352 \text{ Kg/m}^2$  com espessura aproximada de  $0,8 \text{ mm}$ .

#### 5.6.5.

#### Telha D

Para a produção da Telha D, que ocorreu no dia 23/10/2018, foram usados 6 Kg de barro hidratado, 600 g de polpa de papel, 100 g de raspas de bambu, 20 g de cola branca e 20 ml de água na mistura. Os materiais foram misturados e sovados e posteriormente divididos em duas partes para que fossem acomodados sobre a gaze industrial com a ajuda da colher de pedreiro.



Figura 151: Materiais para a Telha D. Fotos de RAMILO, V. J. S, 2018.



Figura 152: Telha D em processo de cura. Foto de RAMILO, V. J. S, 2018.

#### 5.6.5.1

##### Impermeabilização da Telha D

A Telha D, também foi impermeabilizada no dia 26/12/2018, sendo utilizados 120 ml de resina de mamona para cada lado da telha em apenas uma aplicação. Ao final do processo de cura a Telha D mediu  $0,50 \text{ cm}^2$  ( $0,85 \times 0,59 \text{ cm}$ ) e pesou  $948 \text{ g/m}^2$  com espessura de 0,6 mm.

#### 5.6.6.

##### Telha E

A Telha E foi produzida no dia 31/10/2018 usando-se 6 Kg de barro de hidratado, 1 Kg de polpa de papel, 120 g de raspas de bambu, 40 g de cola branca e 40 ml de água na mistura. Da mesma forma que na produção da anterior, os materiais foram misturados e sovados e divididos em duas partes para em seguida serem dispostos em duas camadas iguais sobre a gaze industrial. Ao final do experimento a Telha E foi colocada para secar, até a impermeabilização.



Figura 153: Telha E em processo de cura. Foto de RAMILO, V. J. S, 2018.

#### 5.6.6.1.

#### Impermeabilização da Telha E

A impermeabilização da Telha E ocorreu no dia 26/12/2018, sendo utilizados 120 ml de resina de mamona para cada lado da telha na primeira mão. Para a demão foram utilizados 20 ml de resina, apenas na superfície de cima. Ao final do processo a Telha E mediu  $0,46 \text{ cm}^2$  ( $0,66 \text{ X } 0,70 \text{ cm}$ ) e pesou  $1,03 \text{ Kg/m}^2$  com espessura aproximada de 0,5 mm.

#### 5.6.7.

#### Telha F

A produção da Telha F ocorreu no dia 29/11/2018 na qual foram usados 6 Kg de barro hidratado, 2 Kg de polpa de papel, 40 g de cola branca, 20 ml de água na mistura e retalho de gaze medindo  $1,40 \text{ m X } 1,25 \text{ m}$ . Da mesma forma que ocorreu nos experimentos anteriores, os materiais foram misturados e sovados e em seguida, deitados sobre a gaze com a ajuda da colher de pedreiro, sempre mantendo uma altura de no máximo 1 cm.



Figura 154: Telha F em processo de cura. Foto de RAMILO, V. J. S, 2018.

#### 5.6.7.1

#### Impermeabilização da Telha F

Para a impermeabilização da Telha F, foram utilizados 320 ml de resina de mamona na superfície superior e 280 ml de resina na superfície inferior, não havendo, aplicação de demãos. Ao final do processo de cura da impermeabilização com a resina, a Telha F mediu  $0,81 \text{ cm}^2$  ( $1,32 \text{ m X } 0,62 \text{ cm}$ ) e pesou  $496 \text{ g/m}^2$  com espessura aproximada de 0,5 mm.

### 5.7. Colocação das Telhas produzidas com polpa de papel na estrutura de bambu

As Telhas 4, A, B, C, D, E e F foram colocadas na estrutura de bambu para testes no dia 26/12/2018, utilizando-se os recobrimentos, longitudinal, na qual a sobreposição das telhas se faz no sentido do seu comprimento e lateral, onde a sobreposição das telhas se faz no sentido da sua largura, sem faixas ou fiadas definidas, procurando a melhor disposição e encaixe entre elas, iniciando-se o processo da direita para esquerda, pelas telhas A, B, C e D na primeira fieira e pelas telhas F e 4 na segunda fieira. A área restante foi coberta com as telhas de PVC para testes comparativos e mediu aproximadamente 1,65 m<sup>2</sup>.

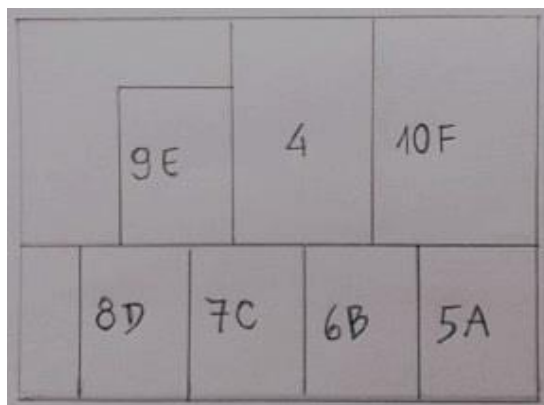


Figura 155: Planta que ilustra a arrumação das telhas sobre a estrutura de bambu. Foto de RAMILO, V. J. S, 2018.



Figura 156: Vistas frontal e superior das Telhas na estrutura de bambu para testes. Foto de RAMILO, V. J. S, 2018.



Figura 157: Vista de baixo das telhas na estrutura de bambu. Foto de RAMILO, V. J. S, 2018.

## 5.8.

### Testes realizados com as telhas feitas com polpa de papel

Após o desenvolvimento das telhas utilizando polpa de papel, sisal, corda de sisal como fios de reforço, cola branca (PVA); elas foram colocadas sobre a estrutura de bambu para a realização de testes. O período de testes se iniciou em 26/12/2018 se estendendo por todo o mês de fevereiro, período no qual se observou a pouca ocorrência de chuvas, durante todo o mês de janeiro.

Durante o período de testes, foi colocada uma garrafa pet, cortada acima da metade, na bica da telha para coletar água de chuva. Ainda que rudimentar, o coletor serviu para auxiliar na observação e verificação do índice pluviométrico, durante o período.



Figura 158: Garrafa pet furada fixada na bica da telha para verificação do índice pluviométrico, através de amarração. Foto de RAMILO, V. J. S, 2019.

O primeiro dia de chuva do período de testes ocorreu no dia 26/01/2019 (sábado) e no dia 28/01/19 (segunda feira) foi feita a primeira verificação do quanto choveu naquele final de semana.





Anexo 12 – Vídeo 12: Garrafa pet coletando a água de chuva. Vídeo de RAMILO, V. J. S, 2019.  
RAMILO, V. J. S, 2019.



Anexo 13 – Vídeo 13: Garrafa pet fixada na estrutura de bambu, sendo esvaziada da água de chuva em 04/02/2019. Vídeo de RAMILO, V. J. S, 2019.

A segunda ocorrência de chuvas foi no dia 05/01/2019, onze dias após a colocação das telhas na estrutura. Choveu forte neste dia, após as 18 horas e durante aproximadamente 40 minutos. Apesar da forte chuva, as telhas não apresentaram qualquer anormalidade, permanecendo secas, sem ocorrência de infiltrações e deformidades. Vale ressaltar que o mês de janeiro de 2019 foi o mês mais quente dos últimos anos e o menos chuvoso.

O terceiro dia de chuvas veio somente vinte dias depois, no dia 25/01/2019, quando voltou a chover forte na região metropolitana do Rio de Janeiro. As telhas apresentaram grau de umidade bem maior do que foi observado no dia 05/01, porém todas permaneceram totalmente íntegras.

O quarto dia de chuvas ocorreu no dia 04/02/2019, quando voltou a chover forte, desde o início da madrugada, até o fim do dia. Mais uma vez a garrafa pet voltou a ficar cheia e transbordou, quando o nível da água atingiu o furo feito na garrafa, para que fosse fixada na estrutura de bambu, tal como pode ser vista na figura 159.



Figura 159: Garrafa pet fixada embaixo da telha para medir a quantidade de água da chuva que caiu no dia. Foto de RAMILO, V. J. S, 2019.



Figura 160: Garrafa pet fixada embaixo da telha, coletou 770 ml de água de chuva. Foto de RAMILO, V. J. S, 2019.

A garrafa foi esvaziada às 13:40 horas e colocada novamente na estrutura para coletar a água da chuva e às 18:00 horas, já estava cheia novamente.

O quinto dia de chuvas ocorreu no dia 05/02, no qual se observou que as Telhas 4, A, B, C e E apresentaram infiltrações em alguns pontos, o que provocou o inchaço do material. As telhas foram retiradas da estrutura para verificar se o material estava se desintegrando, a exemplo do que aconteceu com as Telhas 2 e 3, nos primeiros testes realizados, durante os meses de junho, julho e agosto de 2018. Dentre as telhas testadas, as Telhas E e F apresentaram menor infiltração e inchaço do material.



Figura 161: As Telhas 4, A, B, C e D respectivamente, apresentaram infiltração e inchaço. Foto de RAMILO, V. J. S, 2019.



Figura 162: Telhas E e F apresentaram moderada infiltração de água. Foto de RAMILO, V. J. S, 2019.

Após a retirada das telhas para verificação do material, elas foram recolocadas na estrutura de bambu para prosseguimento dos testes de resistência, no dia 07/02/2019. Coincidentemente, no mesmo dia voltou a chover muito forte em toda a região metropolitana do Rio de Janeiro, onde foram registrados mais de 165 mm em menos de 4 horas. A chuva começou a cair na noite do dia 06/02 e se estendeu por toda a madrugada, concentrando-se nas zonas sul e oeste da cidade, causando grandes deslizamentos de terra, alagamentos, queda de 170 árvores e destruição por todos os lados, inclusive nas imediações do bairro Gávea, bairro onde se localiza a PUC.

Tendo em vista a magnitude do evento climatológico que atingiu a região, dada à força dos ventos e a quantidade de água que caiu em poucas horas, crê-se que foi o melhor teste que poderia ser realizado com as telhas, superando até mesmo, testes realizados em laboratório, conforme é possível ver na figura 163.



Figura 163: Destruição de algumas telhas, após o vendaval que atingiu o Rio de Janeiro em 07/02/2019. Fotos do doutorando em Design, Elvert Durán, 2019.



Após o vendaval, que só não foi considerado como furacão por apenas um ponto na escala que classifica estes eventos, a estrutura de bambu construída para testar as telhas se manteve de pé, pois sofreu apenas torção para um dos lados e quebra da tesoura do lado direito. Após a retirada dos galhos, a estrutura foi realinhada e todas as telhas foram retiradas da estrutura e fotografadas em seguida.



Figura 164: Estrutura de bambu com as telhas, atingida pelo galho. Fotos de RAMILO, V. J. S, 2019.

Além do realimento da estrutura, houve a necessidade da troca da tesoura, pois o bambu, que compõe a tesoura na forma de triângulo, estava podre e quebrou com a queda do galho sobre a estrutura. A tesoura, também é feita por bambus amarrados em sistema de torniquete.



Figura 165: Quebra de um dos triângulos ocorrida pela queda do galho. Fotos de RAMILO, V. J. S, 2019.

Após a retirada das telhas da estrutura, constatou-se que dentre todas, a Telha 4, que antes do vendaval, já apresentava problemas de infiltração e inchaço, começou a se desestruturar por completo. Na figura 165, é possível ver o interior da telha com o compósito se dissolvendo ao entrar em contato com a água e a face

externa com a casca formada pela impermeabilização com a resina de mamona monocomponente.



Figura 166: Telha 4 se desintegrando, após o vendaval. Foto de RAMILO, V. J. S, 2019.



Anexo 14: Vídeo 14: Telha 4 se desintegrando em 11.02.2019. Vídeo de RAMILO, V. J. S, 2019.

Com impacto sofrido pela queda do enorme galho da jaqueira sobre a estrutura, as telhas A e F, que ficavam no lado direito da estrutura, também foram parcialmente destruídas.



Figura 167: Telhas A e F parcialmente destruídas pelo vendaval. Fotos de RAMILO, V. J. S, 2019.

Após a retirada das telhas da estrutura, verificou-se na Telha D que resistiu mais a ação do tempo e ao acidente que causou diversas avarias, mantendo-se

praticamente intacta. Os materiais se conservaram aglutinados apresentando solidez do compósito como um todo, sem infiltração e inchaço do material.



Figura 168: Telhas B, C, D e E resistiram ao vendaval com algumas avarias. Fotos de RAMILO, V. J. S, 2019.

## 5.9.

### Telhas produzidas em 2019

Concomitantemente à realização dos testes com o segundo lote de telhas, iniciado em 26/12/2018 e após o vendaval que causou avarias em algumas telhas, outros experimentos foram realizados, nos meses de janeiro e fevereiro 2019, com a produção de mais oito telhas, utilizando-se também a polpa de papel como reforço e a cola PVA como aglutinante. As telhas foram denominadas de Telha 19.1, Telha 19.2, Telha 19.3, Telha 19.4, Telha 19.5, Telha 19.6, Telha 19.7. e Telha 19.8.

#### 5.9.1.

##### Telha 19.1

A Telha 19.1 foi produzida no dia 04/01/2019 utilizando-se 6 Kg de barro hidratado, 1 Kg de polpa de papel, 60 g de sisal picado, retalho de gaze industrial medindo 1,60 X 1,50 m, 60 g de cola (PVA) e 20 ml de água, adicionados à mistura. Os materiais foram misturados e sovados e em seguida a massa foi deitada sobre metade da gaze industrial (0,75 cm). Após a acomodação da massa sobre a gaze, a outra metade da gaze cobriu o experimento, envelopando-o por completo. Em seguida, o compósito foi colocado sobre a telha de plástico para assumir a forma da telha, durante o seu processo de cura.



Figura 169: Telha 19.1 em processo de cura. Foto de RAMILO, V. J. S, 2019.

#### 5.9.1.2.

#### **Impermeabilização da Telha 19.1: Goma Laca como alternativa impermeabilizante**

Para a impermeabilização destes experimentos, utilizou-se a goma laca como alternativa à resina polimérica de mamona, já que a substância se encontrava disponível em quantidade no laboratório. A goma laca é uma substância orgânica derivada da secreção extraída da matéria prima de casulos do inseto coccus lacca, encontrado em países do oriente como a Índia e a China, utilizada como verniz, diferentemente da resina polimérica de mamona, que é um poliuretano vegetal originado do óleo de mamona. Para a preparação do verniz, estes galhos são colhidos e quebrados em pequenos pedaços de onde é extraída e purificada a substância que depois dissolvida em álcool será o "verniz de goma laca".

Pela sua versatilidade a goma laca é muito utilizada no acabamento em marcenarias. Passa por processo de purificação, que conforme o grau proporciona maior ou menor transparência à substância. No Brasil, existem dois tipos bastante conhecidos: um bastante purificado e quase transparente, chamada de goma laca purificada (líquido) e outro, conhecido como “asa de barata”, comercializado em lascas que devem ser diluídas para uso. Trata-se de um produto seguro, inofensivo, e sua diluição em álcool absoluto a torna uma opção bem menos agressiva ao meio ambiente, se comparada aos solventes mais utilizados para a maior parte das substâncias mais comumente usadas para acabamento de peças de madeira.

O uso da goma laca é conhecido há pelo menos 2.500 anos, podendo ser utilizada para impermeabilizar superfícies porosas e como camada isolante entre películas de tinta em certas técnicas, sobretudo na pintura à têmpera. É uma forma tradicional de selar madeiras, cerâmicas, papelão e gesso, podendo ser usada



como verniz, pois seca rapidamente, formando uma película dura, forte e flexível, sendo útil para envernizar pisos e móveis. Se aplicada com pincel, a superfície apresenta um acabamento ligeiramente áspero.



Figura 170: Goma Laca em lascas para ser diluída em álcool, para impermeabilizar superfícies porosas, tais como cerâmicas, madeiras, papelão e gesso. Foto de RAMILO, V. J. S, 2019.



Figura 171: Goma Laca diluída em álcool para impermeabilização. Foto de RAMILO, V. J. S, 2019.

A impermeabilização da Telha 19.1 ocorreu no dia 04/02/2019, utilizando-se 80 ml de goma laca na primeira mão da superfície superior. A superfície inferior foi impermeabilizada no dia 11/02/19, utilizando-se 120 ml de na primeira mão. Foram aplicadas demãos da goma laca, no dia 11/02/2019, utilizando-se 40 ml na superfície superior e 20 ml para a segunda demão. Ao final do processo, a Telha 19.1 mediu  $0,496 \text{ cm}^2$  ( $0,80 \times 0,62 \text{ cm.}$ ) e pesou  $1,116 \text{ Kg/m}^2$ , com espessura de 0,6 mm.



Figura 172: Telha 19.1 impermeabilizada com goma laca. Foto de RAMILO, V. J. S, 2019.

### 5.9.2.

#### Telha 19.2

A Telha 19.2 foi produzida no dia 07/01/2019, utilizando-se 4 Kg de barro hidratado, 1 Kg de polpa de papel, 60 g de sisal picado, 8 fios de sisal para reforço, cortados e embebidos em cola; 4 na medida da largura e 4 na medida do comprimento da telha, 60 g de cola PVA e 20 ml de água, adicionados à mistura.



Figura 173: Telha 19.2 em processo de cura. Foto de RAMILO, V. J. S, 2019.

#### 5.9.2.1

##### Impermeabilização da Telha 19.2

Para a impermeabilização da Telha 19.2 foram usados 120 ml de goma laca na primeira mão sobre as superfícies superior e inferior. Para a demão foram usados 30 ml, apenas sobre a superfície inferior. Ao final do processo a Telha 19.2 mediu  $0,52 \text{ cm}^2$  ( $0,62 \times 0,78 \text{ cm}$ ) e pesou  $61,7 \text{ g/cm}^2$  com espessura 0,4 mm.



Figura 174: Telha 19.2 em processo de impermeabilização com goma laca. Foto de RAMILO, V. J. S, 2019.

### 5.9.3.

#### Telha 19.3

A Telha 19.3 também foi produzida no dia 07/01/2019 utilizando-se 7 Kg de barro hidratado, 1.4 Kg de polpa de papel, 60 g de sisal picado, 8 fios de sisal para reforço, cortados e embebidos em cola; 4 na largura e 4 no comprimento da telha, retalho de gaze industrial medindo 1,60 X 1,50 m, 60 g de cola PVA e 30 ml de água, adicionados à mistura. Os materiais foram misturados e sovados e em seguida, deitados sobre a metade da gaze com a ajuda da colher de pedreiro. A outra metade da gaze cobriu o experimento para dar acabamento ao mesmo.



Figura 175: Telha 19.3 em processo de cura. Foto de RAMILO, V. J. S, 2019.

#### 5.9.3.1.

##### Impermeabilização da Telha 19.3

Para a impermeabilização da Telha 19.3 foram usados 90 ml de goma laca na primeira mão sobre a superfície superior e 100 ml sobre a superfície inferior. Para a demão da superfície superior foram usados 30 ml.



Figura 176: Telha 19.3 impermeabilizada com goma laca em processo de cura. Foto de RAMILO, V. J. S, 2019.

Ao final do processo de cura, a Telha 19.3 mediu  $0,53 \text{ cm}^2$  ( $0,80 \times 0,66 \text{ cm}$ ) e pesou  $1,879 \text{ Kg/m}^2$  com espessura de  $0,4 \text{ mm}$ .



Figura 177: Telhas 19.2 e 19.3, após o processo de cura. RAMILO, V. J. S, 2019.

#### 5.9.4.

##### Telha 19.4

A Telha 19.4 foi produzida no dia 20/01/2019 com 4 Kg de barro hidratado, 1 Kg de polpa de papel, 60 g de sisal picado, 8 fios de sisal para reforço, cortados e embebidos em cola; 4 na largura e 4 no comprimento da telha, 60 g de cola PVA e 20 ml de água, adicionados à mistura.



Figura 178: Telha 19.4 em processo de cura. Foto de RAMILO, V. J. S, 2019.

#### 5.9.4.1.

##### Impermeabilização da Telha 19.4

Para a impermeabilização da Telha 19.4, que ocorreu no dia 12/02/2019, foram utilizados 200 ml de goma laca na superfície superior para a primeira mão e 100 ml de na superfície inferior. Ao final do processo, a Telha 19.4, mediu  $0,66 \text{ cm}^2$  ( $0,66 \times 1,00 \text{ cm}$ ) e pesou  $48,1 \text{ g/cm}^2$ , com espessura de  $0,2 \text{ mm}$ .





Figura 179: Telha 19.4 impermeabilizada com goma laca. Foto de RAMILO, V. J. S, 2019.

### 5.9.5.

#### Telha 19.5

A Telha 19.5 foi produzida no dia 22/01/2019 com os mesmos materiais e as mesmas quantidades usados para a produção da Telha 19.2: 4 Kg de barro hidratado, 1 Kg de polpa de papel, 60 g de sisal picado, 8 fios de sisal, que servem como reforço, cortados e embebidos em cola; 4 na largura e 4 no comprimento da telha, 60 g de cola PVA e 20 ml de água, adicionados à mistura.



Figura 180: Telha 19.5 em processo de cura. Foto de RAMILO, V. J. S, 2019.

#### 5.9.5.1.

#### Impermeabilização da Telha 19.5

A Telha 19.5 foi impermeabilizada com goma laca no dia 11/02/2019 na qual foram utilizados 70 ml na superfície superior na primeira mão e 100 ml na superfície inferior. Para a demão da superfície superior foram usados 30 ml. A telha 19.5 mediu  $0,435 \text{ cm}^2$  ( $0,75 \times 0,58 \text{ cm}$ ) e pesou  $712 \text{ g/cm}^2$ , ao final do processo com espessura de 0,4 mm.



Figura 181: Impermeabilização da Telha 19.5 com goma laca. Foto de RAMILO, V. J. S, 2019.

### 5.9.6.

#### Telha 19.6 - Modelo alternativo de telha: Canudo

A justificativa para a mudança de modelo é que o molde usado para a produção da Telha 19.6, se encontrava guardado no LILD há muitos anos, pois fez parte de projeto de um ex-aluno, propiciando desdobramentos da pesquisa, tais como a telha canudo.

O modelo canudo foi produzido com aproximadamente 1 Kg de massa aproveitada da placa feita com 10 Kg de barro hidratado, 70 g de bambu de raspas de bambu triturado, 60 g de cola (PVA).



Figura 182: Telha 19.6 – Modelo de telha entre os modelos Canudo e Lusa. Foto de RAMILO, V. J. S, 2019.

### 5.9.7.

#### Telha 19.7 – Polpa de papelão e cola CMC

Para a produção da Telha 19.7, que ocorreu no dia 21/02/2019, utilizou-se a massa de compósitos, reaproveitada da produção de uma placa triangular convexa, que estava em processo de cura, mas foi destruída pela água da chuva, por ocasião do vendaval que assolou o Rio de Janeiro, no dia 07/02/2019.



Figura 183: Molde triangular que recebeu a massa de compósitos destruída pela chuva. Foto de RAMILO, V. J. S, 2019.

A massa que foi assentada sobre a superfície do triângulo convexo foi preparada com 13 kg de barro hidratado, 2 kg de polpa de papelão e 2 colheres de chá de CMC<sup>12</sup> (cola), na mistura.

A justificativa para a utilização da polpa de papelão neste experimento, foi dar mais resistência e reduzir o peso do compósito, enquanto a cola CMC, contribuir para maior aglutinação dos materiais.



Figura 184: Polpa de papelão e cola CMC para a produção da Telha 19.7. Foto de RAMILO, V. J. S, 2019.

Foram usados 7 Kg da massa reaproveitada de barro hidratado misturada com a polpa de papelão, adicionando-se 3 Kg de barro hidratado, retalho de gaze industrial medindo 1,50 X 1,60 m e 8 fios de sisal para reforço do compósito.



Figura 185: Massa de barro hidratado com polpa de papelão. Foto de RAMILO, V. J. S, 2019.

---

12 - Carboximetilcelulose (CMC), normalmente apresentada na forma sódica (sal de sódio), como carboximetilcelulose de sódio, é um polímero aniônico derivado da celulose, muito solúvel em água, tanto a frio quanto a quente, na qual forma tanto soluções propriamente ditas quanto géis. Na indústria de alimentos, possuem a função de agentes espessantes ou geleificantes. <https://pt.wikipedia.org/wiki/Carboximetilcelulose>



Figura 186: Telha 19.7 sendo produzida com reaproveitamento de material. Foto de RAMILO, V. J. S, 2019.

A Telha 19.7 ficou secando, durante 16 dias sobre a telha de plástico para assimilar a forma ondulada.



Figura 187: Telha 19.7 em processo de cura. Foto de RAMILO, V. J. S, 2019.

#### 5.9.7.1.

##### Impermeabilização da Telha 19.7

A Telha 19.7 foi impermeabilizada no dia 08/03/2019 com 120 ml de goma laca na superfície superior e 150 ml na superfície inferior. Para a demão foram usados 20 ml de goma laca, apenas na superfície superior. Ao final do processo a Telha 19.7 mediu 0,72 cm<sup>2</sup>, (1,01 m X 0,72 cm) e pesou 9,90 Kg/m<sup>2</sup> com espessura de 0,5 mm.



Figura 188: Telha 19.7 sendo impermeabilizada com goma laca. Foto de RAMILO, V. J. S, 2019.

### 5.9.8.

#### Telha 19.8

A Telha 19.8 foi produzida no dia 25/02/2019, reaproveitando-se 6 Kg da massa de barro misturada com a polpa de papelão usadas na placa convexa destruída pela chuva, adicionando-se 1.8 Kg de polpa de papel, 8 tirantes de sisal para reforçar a telha, 6 Kg de barro hidratado e retalho de gaze industrial medindo 3,60 X 1,70 m.

A Telha 19.8 foi colocada para secar, durante 12 dias, até a sua impermeabilização.



Figura 189: Telha 19.8 secando, até a impermeabilização. Foto de RAMILO, V. J. S, 2019.

#### 5.9.8.1.

##### Impermeabilização da Telha 19.8

A impermeabilização da Telha 19.8 ocorreu no dia 08/03/2019, na qual foram usadas 120 ml de goma laca sobre a superfície superior e 170 ml na superfície inferior. Para a demão foram usados 20 ml, apenas na superfície superior. Ao final do processo a Telha 19.8 mediu 0,84 cm<sup>2</sup> (1,00 m x 0,84 cm) e pesou 1,988 Kg/m<sup>2</sup> com espessura 0,4 mm.



Figura 190: Impermeabilização da Telha 19.8 com goma laca. Foto de RAMILO, V. J. S, 2019.



### 5.9.9.

#### Desdobramentos: Placa plana e tijolos

Para a produção da placa plana foram usados: 10 kg de barro hidratado, 70 g de bambu triturado, 60 g de cola PVA, retalho de gaze industrial medindo 3,05 X 2,60 m, 4 fios de sisal para reforço do compósito e 40 ml de água adicionados à mistura. Os materiais foram misturados e sovados e em seguida esticados sobre a metade da gaze com a ajuda da colher de pedreiro. A metade que ficou de fora cobriu o experimento com a finalidade de dar acabamento ao mesmo, principalmente nas bordas. A placa foi colocada para secar e ao final da cura mediu 1,50 X 1,30 m e aproximadamente 0,4 mm de espessura.



Figura 191: Placa plana medindo 1,30 X 1,50 m. Foto de RAMILO, V. J. S, 2018.



Figura 192: Espessura da placa plana medindo aproximadamente 0,4 mm. Foto de RAMILO, V. J. S, 2018.

Com a sobra de material dos experimentos realizados, foram produzidos tijolos, semelhantes aos obtidos, através da técnica do adobe, permitindo desdobramentos da pesquisa. Os tijolos foram produzidos no dia 12/03/2019, utilizando-se 4 Kg de barro hidratado, 60 g de sisal picado medindo aproximadamente 5 cm, 1 Kg de polpa de papelão, e 20 g de cola CMC.



Figura 193: Tijolos feitos com barro hidratado, sisal, polpa de papelão e cola CMC. Foto de RAMILO, V. J. S, 2018.

#### 5.9.9.1.

#### Colocação das “Telhas novas” na estrutura de bambu para testes

Após a reconstrução da tesoura e da amarração das ripas na estrutura de bambu, que apoiam as telhas, ambas ocorridas no dia 08/03/2019; as telhas produzidas com polpa de papel e papelão foram colocadas para testes de resistência sobre a estrutura, a exemplo do que aconteceu com as telhas anteriores, obedecendo a recobrimentos longitudinal e lateral. A colocação das telhas iniciou-se da direita para a esquerda, visando uma ordem de melhor acomodação entre elas, com duas faixas e duas fiadas.



Figura 194: Reconstrução do triângulo do lado direito, que apoia as telhas e direciona a queda da água de chuva. Foto de RAMILO, V. J. S, 2019.

As telhas foram colocadas na primeira fieira, na seguinte ordem da direita para a esquerda respectivamente: Telha 19.1, Telha 19.2, Telha 19.3, Telha 19.5, conforme mostra a figura 195.



Figura 195: Colocação das Telhas 19.1, 19.2, 19.3 e 19.5 sobre a estrutura de bambu reconstruída, compondo a primeira fieira. Foto de RAMILO, V. J. S, 2019.

Para a segunda feira, foram colocadas sobre a estrutura de bambu as Telhas 19.4, 19.7 e 19.8., conforme mostra a figura 196.



Figura 196: Telhas 19.4, 19.7 e 19.8 compondo a segunda feira sobre a estrutura de bambu. Foto de RAMILO, V. J. S, 2019.

### 5.9.9.2.

#### Testes das telhas e o regime de chuvas do período

As fortes chuvas que caíram na madrugada do dia 11/03/2019, serviram para testar as telhas feitas com polpa de papel e papelão. Logo ao amanhecer a chuva caiu com força em toda a região metropolitana e especialmente em vários bairros da zona sul do Rio de Janeiro. Alguns bairros ficaram totalmente alagados, nos quais foram registrados mais de 80 mm de água em aproximadamente 3 horas de chuva.

### 5.9.9.3

#### Resultados da impermeabilização com goma laca

Logo após as chuvas, as telhas impermeabilizadas foram inspecionadas e verificou-se que inicialmente a goma laca conferiu alguma dureza ao material aumentando aparentemente sua resistência mecânica, não havendo infiltração da água de chuva e consequentemente inchaço do material.



Figura 197: Observação e avaliação das telhas, após a chuva do dia 11/03/2019. Foto de RAMILO, V. J. S, 2019.





Figura 198: Telhas apresentaram boa resistência mecânica, após inspeção feita depois das chuvas. Foto de RAMILO, V. J. S, 2019.

Dentre as telhas, a Telha 19.8 foi a que sofreu maior desgaste, sendo possível perceber que a água da chuva contribuiu para a retirada da goma laca nos lugares onde caiu com mais força, deixando a superfície descoberta em muitos pontos. Além das fortes chuvas, a ação do sol também foi outro fator que contribuiu para o desgaste da goma laca, deixando-a quebradiça e para a sua retirada de vários locais, já que a película formada pelo verniz não produziu a ancoragem esperada nas superfícies impermeabilizadas, como é possível ver na figura 199.



Figura 199: Desgaste da superfície impermeabilizada com goma laca pela ação do tempo. Foto de RAMILO, V. J. S, 2019.



Anexos 15 e 16: Vídeos 15 e 16: Observação das telhas feitas com polpa de papel, após as chuvas de março de 2019. Vídeo de RAMILO, V. J. S, 2019.

A Telha 19.8 foi impermeabilizada com nova demão de 30 ml de goma laca, nos pontos afetados pela ação do tempo com objetivo de comprovar o desgaste do material. Em seguida, a Telha 19.8 foi recolocada sobre a estrutura para novas observações, até a retirada das telhas, que ocorreu no dia 04/04/2019.



Figura 200: Telha 19.8 recebendo demão de goma laca, após a chuva. Foto de RAMILO, V. J. S, 2019.

Durante este período, choveu novamente nos dias 12/03/19, 14/03/19, 18/03/19 e no dia 19/03/19 verificou-se em nova inspeção, que todas as telhas estavam infiltradas, o que fez o material ficar mole e sem robustez, afundando ao ser comprimido com a mão. Para a surpresa de todos, em outra inspeção do material feita no dia 26/03/19, verificou-se que elas estavam surpreendentemente secas e rígidas, apresentando rigidez, sem avarias e desintegração do material.

## 6.

### Conclusão

A proposta de sistema de cobertura desenvolvida com materiais naturais apresentada nesta pesquisa demonstrou que a técnica pode ser disseminada no meio social, não apenas pela simplicidade de se produzir, mas também pelo seu baixo custo e impacto ambiental.

Como aspecto positivo da pesquisa, destaca-se o reaproveitamento de materiais, tais como o papel e o papelão no preparo das polpas, que serviram de reforço nos compósitos. Aspectos como este, trazem motivos para que a pesquisa continue preconizando o desenvolvimento de um design orientado à sustentabilidade, comprometido com seus princípios, fazendo uso de materiais naturais e reaproveitando materiais que muito provavelmente acabariam no lixo, levando em consideração que a reciclagem é uma ação que contribui sobremaneira para a sustentabilidade do meio ambiente, sobretudo em um contexto que requer redução drástica do consumo crescente do papel sem posterior reciclagem, já que a sua produção constitui-se em uma das atividades humanas mais nocivas ao meio ambiente em escala global, fazendo uso de produtos químicos potencialmente tóxicos para a separação e branqueamento da celulose, aumentando ainda mais o risco ambiental.

Destaca-se também a construção da estrutura de bambu, que serviu de apoio das telhas, durante a realização dos testes, que valoriza a criatividade e a capacidade de improviso, tão peculiar do povo brasileiro, gerando dessa forma outras possibilidades construtivas, que resgatam a sabedoria popular, através de técnicas e saberes milenares, valorizando também a arte de fazer com mãos.

Ao término da pesquisa, verificou-se que o aproveitamento dos materiais utilizados ao longo da pesquisa foi bem diversificado, revelando gradualmente, que houve algum ganho de resistência mecânica do material compósito, quando ocorreram os incrementos das polpas de papel e papelão.

Nos trinta e seis experimentos realizados, utilizou-se 191,2 Kg de barro hidratado como matriz, o que deu uma média de 5,31 Kg de barro/experimento.

Quanto à utilização das fibras utilizadas como reforço, entre elas o sisal, as raspas de bambu, as folhas de bambu, a serragem de madeira, as fibras de tamareira e as polpas de papel e de papelão, o total chegou a 20,398 Kg.

Considerando-se apenas as fibras de sisal, que entraram em 24 experimentos, o peso total foi de 1,885 Kg, média de 78,54 g de sisal/experimento, independente do seu tamanho. Nos cinco experimentos em que a raspas de bambu entraram como reforço, a quantidade de fibras aumentou para 251,42 g de raspas de bambu/experimento. O total de polpa de papel, presente em 11 experimentos, foi de 11,640 Kg; média de 1,05 Kg polpa de papel/experimento, enquanto que a polpa de papelão, presente em três experimentos, o aproveitamento foi de aproximadamente 4 Kg, média de 1,3 Kg de polpa de papelão/experimento.

Quanto ao aproveitamento da resina polimérica, utilizou-se no total 3,055 Kg para a impermeabilização de oito experimentos. Com a redução do tamanho das telhas, concluiu-se que houve diminuição de 30% no gasto da substância com as impermeabilizações, que em média precisaram de 381,87 ml de resina/experimento.

Neste ponto, é preciso levar em consideração o aproveitamento da resina polimérica como impermeabilizante, já que a substância ainda é pouco acessível pela população mais carente, tanto pelo seu desconhecimento, quanto do ponto de vista econômico, pois seu custo em média é de R\$ 37,50 reais/Kg. Levando-se em consideração que foram gastos pouco mais de 3 Kg de resina polimérica, para a impermeabilização de todos os experimentos, o gasto total aproximado foi de R\$ 114,56 reais ou de R\$ 14,32 reais/experimento.

Após os primeiros testes realizados com as Telhas 2 e 3, durante os meses de Junho a Setembro de 2018, verificou-se através dos erros ocorridos, que o material em estudo, ainda carece de desenvolvimento, apontando para outros percursos e possibilidades de uso.

Embora os testes iniciais tenham ocorrido nos meses que correspondem ao período de estiagem, as chuvas foram bem generosas, ainda que o mês de julho de 2018 tenha terminado com chuvas muito abaixo da média histórica em todas

as regiões cariocas, conforme foi mostrado na tabela 8. Apesar da média pluviométrica baixa, em alguns dias do primeiro período de testes, o volume de chuvas no bairro da Gávea foi superior a 40 mm, fator que contribuiu para a avaria e parcial desintegração do material em decorrência da queda de muitos galhos e folhas das inúmeras árvores que circundam a estrutura de bambu construída para os testes, encharcando o material até a sua saturação. Percebeu-se também que as Telhas 2 e 3 ficaram muito grandes e pesadas, o que contribuiu para a flexão do material e consequente para a sua desestruturação.

Nos testes realizados com o segundo lote de telhas (4, A, B, C, D, E e F), a natureza foi ainda mais generosa com a pesquisa, proporcionando eventos climáticos, que submeteram o material em estudo aos testes naturais mais extremos e imprevisíveis.

Durante os testes, constatou-se que a Telha 4 também ficou grande e pesada na tentativa de se cobrir vão superior a um metro e quando exposta a ação do tempo começou a se desintegrar. A casca obtida na impermeabilização com a resina polimérica vegetal monocomponente não conferiu ao compósito a dureza esperada para conservar a integridade do material como um todo, apresentando rachaduras que permitiram a entrada da água.

As reduções de tamanho, peso e espessura e o incremento dos reforços polpa de papel e da cola PVA como elemento aglutinante nas telhas, contribuíram para que houvesse algum avanço na questão da resistência mecânica do compósito como um todo, mesmo após a exposição do material ao tempo.

Após o término dos testes do material compósito submetido a eventos climáticos extremos, constatou-se que seu uso em ambientes externos, ainda não pode ser viabilizado, enquanto não houver solução adequada para impermeabilização. Apesar da redução gradativa de tamanho, peso e espessura, as telhas impermeabilizadas com a resina polimérica monocomponente Ecopol Y Poliol Rescin RM 14, infiltraram e apresentaram inchaço, constatando que a resina em questão não veda com eficiência microfissuras, sendo inadequada para este tipo de aplicação. Como se trata de uma resina que não necessita de catalisador para endurecer, as finas películas criadas por ela ao secar, são ineficientes, mesmo após a aplicação de várias demãos da substância.

A ação do tempo e os acidentes que provocaram avarias e desintegração das telhas impermeabilizadas com resina polimérica monocomponente colocaram em dúvida a sua eficácia como impermeabilizante, não apenas quanto ao número de mãos e demãos que devem ser aplicadas, mas principalmente pela diferença de rigidez que cada uma das resinas confere aos compósitos, conforme as características mencionadas.

Não obstante a algum progresso obtido quanto à resistência do material com o incremento das polpas de papel e papelão, o ponto mais importante a ser observado na conclusão, se refere à constatação de que algumas características existentes nas resinas monocomponente e bicomponente, tais como, densidade, consistência, resistência ao calor e dureza, são diferentes entre elas e estas diferenças foram fundamentais para que o material compósito não alcançasse a rigidez esperada.

A partir dessas constatações, decidiu-se pela busca por alternativa impermeabilizante acessível e disponível naquele momento no laboratório, a goma laca.

Após a realização de testes com o terceiro lote de telhas 19.1, 19.2, 19.3, 19.4, 19.5, 19.6, 19.7 e 19.8, que tiveram o incremento da polpa de papelão como reforço e da cola CMC como elemento aglutinante, constatou-se que a goma laca utilizada como impermeabilizante, também não teve a ancoragem esperada, desgrudando-se da superfície dos compósitos com as chuvas mais fortes, deixando-as descobertas. Observou-se ainda, que a substância confere de início, razoável dureza ao compósito, porém com a ação do tempo, sofre rápido desgaste, mostrando-se inadequada para a impermeabilização dos compósitos. Se comparada com resina polimérica vegetal bicomponente, a dureza do material, obtida após a impermeabilização, também se mostrou bem aquém do que se esperava, inviabilizando o seu uso no meio externo.

Após a realização dos testes, ficou evidente a ineficácia das impermeabilizações, tanto com a resina polimérica de mamona monocomponente, que cria uma casca envoltória e não sustenta o material compósito, quanto com a goma laca, que se apresentou muito solúvel nas aplicações e quebradiça ao secar,

admitindo-se a viabilidade de seus usos em compósitos laminados, apenas para ambientes internos.

Embora a pesquisa preconize o uso de processos não industriais, testes recentemente realizados com corpos de prova impermeabilizados com resina polimérica vegetal bicomponente, imerso em água durante 33 horas seguidas, apontam para a possibilidade de concepção de telhas feitas com compósitos impermeabilizados com a resina bicomponente, sugerindo desdobramentos da pesquisa, não apenas no desenvolvimento de experimentos mais resistentes, com maior coesão dos materiais, mas também na busca pela solução impermeabilizante mais adequada.

Neste aspecto, destaca-se ao fim da pesquisa, o uso da cola CMC como elemento aglutinante, que conferiu maior coesão dos materiais. A combinação desses materiais resultou em uma massa mais coesa, sugerindo o desenvolvimento de blocos rígidos, semelhantes aos criados, através da técnica adobe. O resultado obtido, quando da cura dos blocos foi bastante positivo indicando novos desdobramentos.

Foi um aprendizado observar que, embora queiramos ir sempre pelo caminho da busca pela solução, nos levando a repetir experimentos sucessivamente, nem sempre ela é possível, mesmo seguindo a metodologia de aproximações sucessivas e ainda que contabilize mais erros do que acertos.

Apesar dos percalços, pode se dizer que houve algum avanço na possibilidade de uso do material compósito em ambientes internos, o que contribui para o aumento da conscientização de uso de materiais que reduzam o impacto ambiental, trazendo ao menos algum aprendizado que estimule a mudança de comportamento do consumidor na escolha de materiais que não tragam riscos a saúde e ao meio ambiente.

Tendo em vista a atual situação político/econômica pela qual atravessa o país, que influi em todos os setores do país, principalmente na educação, chegamos até aqui enfrentando todos os tipos de dificuldades, sobretudo as de ordem econômico/financeira, que queiram ou não, influem sobremaneira na obtenção de recursos mínimos para que a pesquisa se desenvolva. Apesar das

dificuldades encontradas, seguimos o caminho e chegamos até aqui, concluindo que é possível implementar processos para desenvolvimento de telhas orgânicas, utilizando-se o mínimo de recursos, sobretudo os materiais naturais locais que se encontram disponíveis, acessíveis e com baixo custo, que minimizem o consumo de matérias-primas e reduzam a emissão de poluentes e efluentes sem geração de resíduos nocivos ao meio ambiente, sobretudo porque estão sendo desenvolvidas pesquisas semelhantes em algumas regiões do país, tais como as telhas ecológicas desenvolvidas pela Universidade Federal do Amazonas (UFAM) com fibras de malva e juta, associadas a resíduos cerâmicos e pequena quantidade de cimento.

Do ponto de vista social, a continuação da pesquisa com materiais não poluentes, depende dos que desejam contribuir para a melhoria de vida de um modo geral, na medida em que vislumbram possibilidades de atendimento de suas necessidades básicas, entre elas a moradia, a partir do intercâmbio com a universidade, através da promoção da realização de atividades coletivas, que resgatem saberes e conhecimentos milenares.

Do ponto de vista econômico, a continuação da pesquisa se faz absolutamente necessária, na medida em que traz possibilidades de redução de gastos com produtos industrializados e por consequência, contribuindo para a redução no consumo e mudança na consciência ambiental. Entretanto, a carência de políticas públicas que tratam a questão de não agressão ao meio ambiente e consequentemente a falta de recursos financeiros, traz impactos negativos, para diversos setores da sociedade brasileira, entre eles, habitação, saúde, saneamento e educação, sendo que este último sofre com cortes na pesquisa científica, que colocam em risco a sua continuação.



## Referências Bibliográficas

- 1 ALVARES, L. R. **Cúpula Catenária de "Fibrobarro" estruturado com bambu - Concepção e Processo Construtivo**. Rio de Janeiro: Dissertação (Mestrado em Artes e Design) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2008.
- 2 BARROS, B. R. **Concepção de Elementos Arquitetônicos Modulares para Habitações de Interesse Social abordando Aspectos Ambientais e construtivos do Bambu**. Maceió, 2006. 122 p. Monografia Graduação) – Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas.
- 3 BAUDRILLARD, J. **O Sistema dos Objetos**, 2008.
- 4 BILIK, T., HEEMANN, A. **A Desmaterialização Como Estratégia de Ecodesign: Observação de um Centro Educacional**, 2016.
- 5 CALLISTER, W. D. **Fundamentos da ciência e engenharia de materiais: uma abordagem integrada** / William D. Callister, Jr. e David G. Rethwisch ... 4. ed. - Rio de Janeiro: LTC, 2014.
- 6 CAMPOS, D. M. **Design de estruturas reticuladas de bambu geradas a partir de superfícies mínimas**. Rio de Janeiro: Dissertação (Mestrado em Artes e Design) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2009.
- 7 CANO, W., GUIMARÃES NETO, L. **A Questão Regional no Brasil: traços gerais de sua evolução histórica**. Desarrollo Regional, Nuevos Desafios, In: *Pensamiento Iberoamericano*, Economía Política, nº 10, 1986. Madri, Instituto de Cooperación Iberoamericana, p. 167-184.
- 8 CARVALHO, T. M. P., LOPES, W. G. R. **A arquitetura de terra e o desenvolvimento sustentável na construção civil - VII**

CONNEPI – Congresso 7 Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação, 2012.

- 9 Catálogo de Telhas Eternit. – Apostila: Cimento Reforçado com Fios Sintéticos – CRFS - [www.brasilit.com.br](http://www.brasilit.com.br)
- 10 CHOAY, F. (2004). **El reino de lo urbano y la muerte de la ciudad**. In: Martín Ramos, A. (Ed.). Lo urbano en 20 autores contemporáneos. Barcelona, UPC, pp.61-72 (Ed. Orig. 1994)
- 11 COSTANZA, R. **Ecological economics: the science and management of sustainability**. New York: Columbia Press, 1991.
- 12 CÔRTEZ, C. A. L. **Construção de casa e pensamento com terra e bambu: utilizando a pesquisa e a produção material de um processo construtivo com materiais naturais para fins educacionais**. Rio de Janeiro, RJ, Dissertação de Mestrado em Design. Depto. Artes & Design, PUC/Rio, 1999.
- 13 CORREIA DE MELO, J. V. **Modelos em Linguagem Mecânica x Modelos em Linguagem Eletrônica: As Interações na Metodologia do LILD**. Rio de Janeiro: Dissertação (Mestrado em Artes e Design) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2011.
- 14 CORREIA DE MELO, J. V., RIPPER, J. L. M., TEIXEIRA FILHO, W. S. **“Tenso-estrutura reticulada geodésica de bambus amarrados com a forma de uma bolha de sabão”**. Tensantiago, 2012 - V Simpósio Latino-americano de Tenso-estruturas. Santiago - Chile, 2012. 10p.
- 15 CORREIA DE MELO, J. V., YAMAKI, R. T., RIPPER, J. L. M. **“Passagem de técnicas construtivas de bambu e fibrobarro para comunidade de baixa renda”**. Terra Brasil 2012 - IV Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil. Fortaleza: Wave Media, 2012. 11p.

- 16 DA SILVA, E. T. **Mudanças na Dinâmica Populacional no Estado do Rio de Janeiro: Complexificação do Espaço Urbano**. Rio de Janeiro, um olhar Socioespacial, 2010.
- 17 ECODESIGN. **Instituto para o desenvolvimento da Habitação Ecológica (IDHEA)**. Disponível na internet por [http](http://www.idhea.com.br/ecodesign.asp) em: <<http://www.idhea.com.br/ecodesign.asp>>. Acesso: 08 jan. 2019.
- 18 FATHY, H. **Construindo com o povo** - Arquitetura para os pobres. São Paulo: Editora Salamandra, 1980.
- 19 FERNANDES, M. **A Taipa no Mundo**. Seminário de Construção e Recuperação de Edifícios em Taipa. Câmara Municipal de Almodôvar, em Almodôvar, 2008. CEAUCP - Centro de Estudos Arqueológicos das Universidades de Coimbra e Porto Instituto de Arqueologia, Palácio de Sub-Ripas, 3000-305 COIMBRA, 2008.  
  
<http://www.uc.pt/uid/cea/cyberarq/serie/numero001> (no prelo).
- 20 FORTY, A. **Objetos de desejo**. Ed. Cosac Naify, São Paulo, 2007.
- 21 FLUSSER, V. **O Mundo codificado**: Por uma filosofia do design e da comunicação, 2007.
- 22 GAJARDO, M. - Ivan Illich – Tradução e organização de José Eustáquio Romão. – Recife: Fundação Joaquim Nabuco, Ed. Massangana, 2010, 150 p.
- 23 GUICHARD, D. e SILVA, C. A. - Tendências Contemporâneas da Relação entre as Cidades Médias e a Metrópole no Estado do Rio de Janeiro – Rio de Janeiro: um olhar socioespacial, 2010, p. 266.
- 24 HARVEY, D. **Condição pós-moderna**. São Paulo: Loyola, 1992.
- 25 HIDALGO, L. **O Bamboo** – The Gift of the Gods. 1a ed. DVINNI Editora. Bogotá. Colômbia, 2004.

- 26 IDEC. **O lado escuro do papel.** Revista do IDEC, São Paulo, v. 1, ed.77, maio, 2004. Disponível na internet em: [http://www.idec.org.br/uploads/revistas\\_materias/pdfs/2004-04ed77-servico-ambiente.pdf](http://www.idec.org.br/uploads/revistas_materias/pdfs/2004-04ed77-servico-ambiente.pdf).
- 27 ILLICH, I. **A. Convivencialidade.** Lisboa: Editora Europa-América, 1976.
- 28 KRUCKEN, L. **Design e território: valorização de identidades e produtos locais.** São Paulo: Studio Nobel, 2009.
- 29 LEME, F. B. P. **Construção com "fibroso": um estudo de caso sobre o resgate da técnica de taipa e seus efeitos no ambiente de clima tropical úmido com estação seca e chuvas de verão.** Rio de Janeiro: Dissertação (Mestrado em Artes e Design) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2003.
- 30 \_\_\_\_\_. **O Fibroso como pele para construção.** Rio de Janeiro: Tese de Doutorado – Departamento de Artes & Design, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2008, 239 p.
- 31 LENCIONI, S. Da cidade e sua Região à Cidade-região, In:  
  
**Panorama da Geografia Brasileira I.** São Paulo: Annablume, 2006, v. 1, p. 65-76.
- 32 LINHARES, L. L. **Illich e as teias de Aprendizagem/Convivialidade:** Uma proposta não formação da educação.
- 33 LOPES, W. G. R; INO, A. O. **Emprego da Terra Crua e de Madeira de Reflorestamento como materiais de construção - I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável - X Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído - 18-21 Julho 2004, São Paulo.**
- 34 LOTUFO, V. A., LOPES, J. M. A. **Geodésicas e Cia.** São Paulo: Projeto Editores Associados, 1982.

- 35 MANZINI, E., VEZZOLI, C. **O desenvolvimento de produtos sustentáveis**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2008.
- 36 MARTIN, A. R. **Caracterização Química e Estrutural de Fibra de Sisal da variedade Agave Sisalana**. Polímeros: Revista Ciência e Tecnologia, vol.19, nº1, p.40-46, 2009.
- 37 MATIDA, Maia. **CARTILHA DE TERRA CRUA: Ferramentas de registro e aprendizado das técnicas de terra crua**. Orientador: Fernando Betim Paes Leme, Departamento de Artes e Design, 2008.
- 38 MEIRA, J. M. L. - **“Argilas: O que são, suas propriedades e classificações”**., 2001.
- 39 MINKE, G. – **Manual de Construcción en Tierra – La tierra como material de construcción y sus aplicaciones en la arquitectura actual**, 2001.
- 40 MONBEIG, P. **O surgimento da metrópole**. Paisagens e problemas da metrópole. In: SZMRECSÁNYI, T. História econômica da cidade de São Paulo. São Paulo: Ed. Globo, 2004, p. 14-115.
- 41 MONGIN, O. **A condição urbana: a cidade na era da globalização**. / Olivier Mongin; Tradução Letícia Martins de Andrade. – São Paulo: Estação Liberdade, 2009, 344 p.
- 42 MOREIRA, L. E. **Jogo das formas: ontogênese e design dos objetos**. Rio de Janeiro: Relatório de Pós-Doutorado em Design (orientador: José Luiz Mendes Ripper) – PUC-Rio, 2008.
- 43 MOREIRA, L. E., RIPPER, J. L. M. **Jogo das Formas – a lógica do objeto natural**. NAU Ed., Rio de Janeiro, 2013.
- 44 MOREIRA, L. E., RIPPER, J. L. M., SILVA, M. F. **Técnicas de Constituição de Objetos Tecnológicos e sua aplicação à geração de um Domus de bambu Tensigrity**. IAC-NOCMAT 2003 – Inter American Conference on Non-Conventional Materials

and Technologies in the Eco-construction and Infrastructure. Anais. João Pessoa, PB. 2003. 15 p.

- 45 MOTTA, EDUARDO PEREIRA. **Caracterização Mecânica de Argamassas Poliméricas de Óleo de Mamona Reforçadas com Fibra Natural de Piaçava**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica – Universidade Federal Fluminense, 2014. 88 f.
- 46 ORTEGA Y GASSET, J. **Meditação sobre a Técnica**. Editora Fim de Século, 2009.
- 47 PAPANEEK, VICTOR. The Green Imperative – **Natural design for the Real World**. New York, Thames & Hdsn, 1995, 256 p.
- 48 PAPANEEK, VICTOR. **Arquitetura e design: ecologia e ética**. Lisboa: Edições 70, 1995.
- 49 PEREIRA, V. e MARTINS, J. G. **Reabilitação – Materiais e Técnicas Tradicionais de Construção**, Série Reabilitação, 1.<sup>a</sup> edição, UFP, 2005.
- 50 PISANI, M. A. J. **Taipas: A Arquitetura de Terra**. Sinergia, São Paulo, v. 5, n. 1, p. 09-15, jan./jun. 2004.
- 51 RIPPER, L. A. **Aspectos Transdisciplinares das Estruturas Adaptáveis de Bambu**. 2015, 287 p.
- 52 RIPPER, J. L. M., MOREIRA, L. E., FONSECA E SILVA, M. **Desenvolvimento de estruturas autotensionadas de bambu no LOTDP**. Agenda Pública: Drama Social. FAPERJ, Rio de Janeiro, RJ: 1999. p. 267-276.
- 53 RIPPER, J. L. M., CORREIA DE MELO, J. V., RIPPER, L. A. **“Estruturas autoportantes de bambu para arquitetura têxtil”**. Tensantiago 2012 - V Simpósio Latino-americano de Tenso-estruturas. Santiago - Chile, 2012. 11 p.

- 54 RIPPER, J. L. M., CORREIA DE MELO, J. V. **A leveza das habitações modulares feitas de bambus e terra crua: técnicas e métodos.** In: 13º SIACOT - Seminário Iberoamericano de Construcción con Tierra. 1. Anais... Valparaíso: PROTERRA, 2013.
- 55 RIPPER, J. L. M., LEME, F. B. P., CORREIA DE MELO, J. V. **Formas tradicionais das Construções de Terra *versus* formas produzidas pelas Técnicas Contemporâneas: Uma diferente abordagem formal para a Terra Crua.** V Congresso de Arquitetura e Construção com terra no Brasil – Terra Brasil, Minas Gerais, 2014. 12 p.
- 56 RIPPER, J. L. M., MOREIRA L. E. **“Métodos de Ensino de Design de Produtos e sua Aplicação às Estruturas da Engenharia Civil.”** Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia. Brasília, 2004. 12 p.
- 57 RIPPER, J. L. M., LEME, F. B. P., CORREIA DE MELO, J. V. - **V Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil,** 2014.
- 58 RODRIGUES, R.; SANTOS, M. (2007). **O resgate do uso da terra crua e seus desdobramentos na cidade de Tiradentes e região.** Terra em Seminário 2007 (V ATP e TERRABRASIL 2006). Lisboa: Argumentum, pp.285-287.
- 59 SANTOS, M. **A Natureza do Espaço: Técnica e Tempo, Razão e Emoção.** São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2002.
- 60 SANTOS, V. J. **A técnica do Fibrobarro armado, aplicado na construção de objetos de uso comunitário.** Rio de Janeiro: Dissertação de Mestrado do Departamento de Artes & Design, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2012, 130 p.
- 61 SILVA, R. V. DA. **Compósito de resina poliuretano derivada de óleo de mamona e fibras vegetais.** Tese apresentada à área de Interunidades em Ciência e Engenharia de Materiais. São Carlos, Universidade São Paulo, 2003.

- 62 TEIXEIRA FILHO, W. S. **Soluções Construtivas leves para arquiteturas de clima úmido** / Walter dos Santos Teixeira Filho; orientador: José Luiz Mendes Ripper, 2013, 200 p.
- 63 THAUMATURGO DA SILVA, C. G. **Conceitos e Preconceitos relativos às Construções em Terra Crua**. Rio de Janeiro: Dissertação (Mestrado em Saúde Pública Escola Nacional de Saúde Pública) Fundação Oswaldo Cruz / Subárea Saneamento e Saúde Ambiental, 2000.
- 64 VEZZOLI, CARLO. **Design de sistemas para sustentabilidade: teoria, métodos e ferramentas para o design sustentável de “sistemas de satisfação”**. Salvador: EDUFBA, 2010.
- 65 WEIMER, G. **Arquitetura Popular Brasileira**. Martins Fontes – São Paulo – SP, 1987, 228 p.
- 66 XAVIER, L. M. **Taipa de Sopapo: Anacronismo ou Instrumento de Sustentabilidade na Mata Atlântica?** Tese de doutorado (orientador RIPPER, J. L. M.) apresentada ao Programa de Pós-graduação em Design da PUC-Rio - Rio de Janeiro, 2009, 162 p.
- 67 XAVIER, L. M., RIPPER, J. L. M., RIPPER, L. A., FONSECA e SILVA, M., MOREIRA, L. E. **Sistemas Estruturais em Bambu e Terra Crua: Taipa Contemporânea na Aldeia Sapukai**. IC-NOCMAT - International Conference on Non-Conventional Materials and Technologies: Ecological Materials and Technologies for Sustainable Building, Maceió, Alagoas, 2007.
- 68 YIN, R. K. **Estudo de caso: Planejamento e Métodos**. 2ª ed. - Porto Alegre: Bookman, 2001.