



Universidade Estadual Paulista

“Júlio de Mesquita Filho”



FACULDADE DE ENGENHARIA DE BAURU  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA  
ÁREA DE PROCESSOS DE FABRICAÇÃO

FÁBIO ALEXANDRE MOIZÉS

**DESENVOLVIMENTO DE PAINÉIS COM PARTÍCULAS  
ORIENTADAS (OSB) DE BAMBU**

**BAURU**

**2019**

**FÁBIO ALEXANDRE MOIZÉS**

**DESENVOLVIMENTO DE PAINÉIS COM PARTÍCULAS ORIENTADAS (OSB) DE  
BAMBU**

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia do Campus de Bauru, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, como requisito para a obtenção do título de Doutor em Engenharia Mecânica na área de Processos de Fabricação.

Orientador: Prof. Dr. Ivaldo De Domenico Valarelli

Co-orientador: Prof. Dr. Marcos Tadeu Tibúrcio Gonçalves

**BAURU  
2019**

## FICHA CATALOGRÁFICA

Moizés, Fábio Alexandre.

Desenvolvimento de Painéis com Partículas  
Orientadas (OSB) de Bambu / Fábio Alexandre  
Moizés, 2019

116 f.: il.

Orientador: Ivaldo De Domenico Valarelli

Tese (Doutorado)-Universidade Estadual  
Paulista. Faculdade de Engenharia, Bauru, 2019

1. Bambu. 2. Painéis de Partículas Orientadas.  
3. Produção Sustentável. 4. Características  
Físicas e Mecânicas. 5. Coloração. I.  
Universidade Estadual Paulista. Faculdade de  
Engenharia. II. Título.

## ATA DE DEFESA



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Bauru



**ATA DA DEFESA PÚBLICA DA TESE DE DOUTORADO DE FABIO ALEXANDRE MOIZES, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA, DA FACULDADE DE ENGENHARIA - CÂMPUS DE BAURU.**

Aos 30 dias do mês de agosto do ano de 2019, às 09:00 horas, no(a) Anfiteatro da Seção Técnica de Pós-graduação da FEB, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Prof. Dr. IVALDO DE DOMENICO VALARELLI - Orientador(a) do(a) Departamento de Engenharia Mecânica / Faculdade de Engenharia de Bauru - UNESP, Prof. Dr. MARCO ANTONIO DOS REIS PEREIRA do(a) Departamento de Engenharia Mecânica / Faculdade de Engenharia de Bauru, PROFESSOR TITULAR JOSE CARLOS PLACIDO DA SILVA do(a) Departamento de Design / Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação de Bauru, Prof. Dr. RAMSÉS DA SILVA BASTOS do(a) Departamento de Design / UNIESP- BAURU, Profa. Dra. PAULA VALÉRIA COIADO CHAMMA do(a) Departamento de Arquitetura / FIB / Bauru, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da TESE DE DOUTORADO de FABIO ALEXANDRE MOIZES, intitulada **Desenvolvimento de Painéis com Partículas Orientadas (OSB) de Bambu**. Após a exposição, o discente foi arguido oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo recebido o conceito final: APROVADO. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.

Prof. Dr. IVALDO DE DOMENICO VALARELLI

Prof. Dr. MARCO ANTONIO DOS REIS PEREIRA

PROFESSOR TITULAR JOSE CARLOS PLACIDO DA SILVA

Prof. Dr. RAMSÉS DA SILVA BASTOS

Profa. Dra. PAULA VALÉRIA COIADO CHAMMA

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho ao meu filho Leonardo e à minha esposa Michelle;  
aos meus pais, Arlindo e Darci;  
aos meus irmãos Gisele e Salim;  
Às minhas sobrinhas Mayra e Naiá;  
Aos meus cunhados Carlos e Marcos.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço especialmente ao Prof. Dr. Ivaldo De Domênico Valarelli por orientar e conduzir este trabalho com seu conhecimento, clareza, presteza, sabedoria e humildade.

Agradeço ao meu co-orientador Prof. Dr. Marcos Tadeu Tibúrcio Gonçalves pelas orientações técnicas com extrema qualidade e objetividade.

Agradeço a CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) que forneceu subsídios para o aprimoramento do trabalho e que proporcionou a realização deste projeto.

Agradeço a seção de Pós-graduação do Departamento de Engenharia Mecânica- UNESP-FEB de Bauru em razão do apoio através de seus laboratórios de seus colaboradores, funcionários e professores.

Agradeço aos meus amigos João Carlos Riccó Plácido da Silva, Marcus A. P. Bueno, Maury Lima e Rocky Anderson que me acompanharam nas atividades de pesquisa e laboratório me incentivando no desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço ao técnico Israel pelo auxílio no laboratório de Engenharia Civil nos testes de resistência mecânica.

Agradeço à banca examinadora pelas contribuições neste trabalho.

“Um passo à frente e você não estará mais  
no mesmo lugar.”

(Chico Science)

## SUMÁRIO

|                                                                         |             |
|-------------------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>LISTA DE FIGURAS .....</b>                                           | <b>IX</b>   |
| <b>LISTA DE TABELAS .....</b>                                           | <b>X</b>    |
| <b>LISTA DE ABREVIações.....</b>                                        | <b>XI</b>   |
| <b>LISTA DE EQUações.....</b>                                           | <b>XII</b>  |
| <b>GLOSSÁRIO.....</b>                                                   | <b>XIII</b> |
| <b>RESUMO.....</b>                                                      | <b>XIV</b>  |
| <b>ABSTRACT.....</b>                                                    | <b>XV</b>   |
| <b>1. INTRODUÇÃO.....</b>                                               | <b>19</b>   |
| 1.1 OBJETIVOS.....                                                      | 21          |
| 1.1.1 QUESTÕES DA PESQUISA .....                                        | 21          |
| 1.1.2 HIPÓTESE .....                                                    | 21          |
| 1.1.3 OBJETIVO GERAL E ESPECÍFICOS .....                                | 21          |
| <b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>                                    | <b>23</b>   |
| 2.1 PAINEL DE PARTÍCULAS .....                                          | 23          |
| 2.2 PAINÉIS DE PARTÍCULAS ORIENTADAS (OSB).....                         | 25          |
| 2.2.1 FATORES E PROPRIEDADES.....                                       | 27          |
| 2.3 PAINÉIS DE PARTÍCULAS ORIENTADAS DE BAMBU.....                      | 31          |
| 2.4 BAMBU .....                                                         | 33          |
| 2.5 RESINA À BASE DE MAMONA .....                                       | 37          |
| 2.6 COLORAÇÃO: COR E PROCESSOS .....                                    | 38          |
| 2.6.1 COLORAÇÃO COM TINGIMENTOS: PIGMENTOS NATURAIS E CORANTES<br>..... | 39          |
| 2.6.2 COLORAÇÃO COM TRATAMENTO TÉRMICO .....                            | 41          |
| <b>3. MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>                                     | <b>44</b>   |
| 3.1 MATERIAIS .....                                                     | 44          |
| 3.1.1 MATERIAIS: MATÉRIA- PRIMA .....                                   | 44          |
| 3.1.2 MATERIAIS: MÁQUINAS, EQUIPAMENTOS E SOFTWARES<br>.....            | 44          |
| 3.2 MÉTODOS .....                                                       | 46          |
| 3.2.1 FABRICAÇÃO DOS PAINÉIS .....                                      | 46          |
| 3.2.2 METODOLOGIA PARA A ENSAIOS FÍSICOS .....                          | 47          |
| 3.2.2.1 Determinação da Umidade .....                                   | 47          |
| 3.2.2.2 Determinação da Densidade .....                                 | 48          |

|           |                                                                                                  |           |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.2.2.3   | Determinação do inchamento e absorção de água 24 horas .....                                     | 48        |
| 3.2.3     | METODOLOGIA PARA OS ENSAIOS MECÂNICOS .....                                                      | 50        |
| 3.2.3.1   | Determinação da Resistência à Flexão Estática no Módulo de Elasticidade e Módulo de Ruptura..... | 51        |
| 3.2.3.2   | Determinação da Resistência à Tração Perpendicular .....                                         | 52        |
| 3.2.3.3   | Determinação da Resistência ao Arrancamento de Parafuso de Topo e Superfície.....                | 53        |
| 3.2.3.4   | Determinação da Resistência à Tração Superficial .....                                           | 54        |
| 3.2.4     | METODOLOGIA PARA ANÁLISE DOS RESULTADOS ESTATÍSTICOS.                                            | 55        |
| 3.2.5     | PRODUÇÃO DOS PAINÉIS COM PARTÍCULAS ORIENTADAS DE BAMBU .....                                    | 55        |
| 3.2.5.1   | Colheita do Bambu .....                                                                          | 57        |
| 3.2.5.2   | Tratamento dos Colmos .....                                                                      | 58        |
| 3.2.5.3   | Geração das Partículas .....                                                                     | 59        |
| 3.2.5.4   | Seleção e Secagem das Partículas .....                                                           | 60        |
| 3.2.5.5   | Pesagem das Partículas e Adesivo .....                                                           | 62        |
| 3.2.5.6   | Mistura e Aplicação do Adesivo .....                                                             | 63        |
| 3.2.5.7   | Prensagem dos Painéis.....                                                                       | 64        |
| 3.2.5.8   | Esquadreamento e Refilo dos Painéis .....                                                        | 66        |
| 3.2.5.9   | Processo de Coloração através do Tingimento das Partículas .....                                 | 67        |
| 3.2.5.10  | Processo de Coloração das Partículas com Tratamento Térmico .....                                | 70        |
| <b>4.</b> | <b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>                                                              | <b>72</b> |
| 4.1       | RESULTADOS FÍSICOS (traços 02, 03, 04, 05) .....                                                 | 72        |
| 4.1.1     | DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE .....                                                                  | 72        |
| 4.1.2     | DETERMINAÇÃO DO TEOR DE UMIDADE .....                                                            | 74        |
| 4.1.3     | DETERMINAÇÃO DO INCHAMENTO DURANTE 24h.....                                                      | 75        |
| 4.1.4     | DETERMINAÇÃO DA ABSORÇÃO DE ÁGUA DURANTE 24h .....                                               | 77        |
| 4.2       | CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA DO PAINEL 100% BAMBU NATURAL (traço 01) .....                            | 78        |

|                                                                                        |            |
|----------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 4.2.1 DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À FLEXÃO ESTÁTICA E MÓDULO DE ELASTICIDADE .....     | 78         |
| 4.2.2 DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À TRAÇÃO PERPENDICULAR .....                         | 79         |
| 4.2.3 DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA AO ARRANCAMENTO DE PARAFUSO .....                    | 80         |
| 4.2.4 DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À TRAÇÃO SUPERFICIAL .....                           | 81         |
| <b>5. CONCLUSÃO .....</b>                                                              | <b>82</b>  |
| <b>REFERÊNCIAS .....</b>                                                               | <b>84</b>  |
| <b>APÊNDICES .....</b>                                                                 | <b>94</b>  |
| APÊNDICE 01. SCRIPTS PARA OS ENSAIOS DE FLEXÃO ESTÁTICA E MÓDULO DE ELASTICIDADE ..... | 94         |
| APÊNDICE 02. SCRIPT PARA O ENSAIO DE TRAÇÃO PERPENDICULAR .....                        | 95         |
| APÊNDICE 03. SCRIPT PARA O ENSAIO DE ARRANCAMENTO DE TOPO .....                        | 96         |
| APÊNDICE 04. SCRIPT PARA O ENSAIO DE ARRANCAMENTO DE FACE .....                        | 97         |
| APÊNDICE 05. SCRIPT PARA O ENSAIO DE TRAÇÃO SUPERFICIAL.....                           | 98         |
| APÊNDICE 06. RESULTADOS DAS AMOSTRAS NOS ENSAIOS FÍSICOS                               | 99         |
| <b>ANEXOS .....</b>                                                                    | <b>105</b> |
| ANEXO 01. CATÁLOGO FABRICANTE KEHL- ADESIVOS .....                                     | 105        |
| ANEXO 02. CORANTE GUARANY- FICHA DE INFORMAÇÃO DE SEGURANÇA DE PRODUTO QUÍMICO .....   | 109        |
| ANEXO 03. FOOD INTELLIGENCE: RELATÓRIO TESTES .....                                    | 113        |
| ANEXO 04. SAL CISNE .....                                                              | 115        |

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 01. Painel OLB para aplicações não estruturais em áreas internas.....                                                                                                         | 25 |
| Figura 02. Camadas estruturais do painel OSB e a aplicação na construção civil<br>.....                                                                                              | 26 |
| Figura 03. Estrutura dos colmos de bambu.....                                                                                                                                        | 35 |
| Figura 04. Espécie de bambu <i>Bambusa vulgaris</i> .....                                                                                                                            | 36 |
| Figura 05. Corpos de prova no teste de inchamento durante 24 horas. Amostras<br>submersas em recipiente com água (a); após o inchamento (b); medição do peso e<br>espessura (c)..... | 49 |
| Figura 06. Máquina universal de ensaios.....                                                                                                                                         | 50 |
| Figura 07. Corpos de prova na determinação da resistência à flexão estática e<br>módulo de elasticidade.....                                                                         | 51 |
| Figura 08. Ensaio na determinação da resistência à tração perpendicular. Adesivo<br>utilizado na fixação do corpo de prova no dispositivo (a); dispositivo para o ensaio<br>(b)..... | 53 |
| Figura 09. Corpos de prova (a); ensaio na determinação da resistência ao<br>arrancamento de parafuso (b).....                                                                        | 54 |
| Figura 10. Processo de fabricação dos painéis 100 % bambu natural.....                                                                                                               | 56 |
| Figura 11. Moto serra utilizada para a colheita e os colmos de bambu.....                                                                                                            | 58 |
| Figura 12. Tanques para o tratamento dos colmos.....                                                                                                                                 | 59 |
| Figura 13. Triturador de galhos utilizados na geração das partículas.....                                                                                                            | 59 |
| Figura 14. Peneira Vibratória para a seleção das partículas.....                                                                                                                     | 60 |
| Figura 15. Estufa climatizada.....                                                                                                                                                   | 61 |
| Figura 16. Balança Eletrônica com o peso das partículas das camadas externas (a);<br>peso das partículas das camadas internas (b).....                                               | 62 |
| Figura 17. Balança eletrônica (a); pesagem do adesivo componente A em função da<br>proporção e percentual de resina (b).....                                                         | 63 |
| Figura 18. Recipiente para a mistura das partículas com o adesivo.....                                                                                                               | 64 |
| Figura 19. Formação do painel através dos dispositivos: forma vazada de madeira,<br>aro metálico e grelha orientadora de partículas.....                                             | 65 |
| Figura 20. Dispositivo para prensagem e a compactação prévia do colchão de<br>partículas.....                                                                                        | 65 |
| Figura 21. Prensa hidráulica.....                                                                                                                                                    | 66 |

|                                                                                                  |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 22. Serra circular esquadrejadeira.....                                                   | 67 |
| Figura 23. Sementes e pó de urucum (a); Pesagem do pigmento em pó (b).....                       | 68 |
| Figura 24. Processo de tingimento das partículas.....                                            | 68 |
| Figura 25. Estufa climatizada (a); Pannel eletrônico para o controle da temperatura (b).....     | 70 |
| Figura 26. Partículas com tratamento térmico a 180° a 200°.....                                  | 71 |
| Figura 27. Chapas de OSB prensadas com os cinco traços para a retirada dos corpos-de-prova ..... | 72 |
| Figura 28. Gráfico com o cálculo para a densidade.....                                           | 74 |
| Figura 29- Gráfico com os resultados para o teor de umidade.....                                 | 75 |
| Figura 30- Gráfico com os resultados do inchamento durante 24 horas.....                         | 76 |
| Figura 31. Gráfico da absorção de água durante 24 horas.....                                     | 78 |

## LISTA DE TABELAS

|                                                                                                                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 01- Dados da NBR 14810-2 (2013) para painéis particulados de média densidade considerando a estrutura e condições de uso.....                         | 31 |
| Tabela 02- Dimensões e densidade alvo para a fabricação dos painéis.....                                                                                     | 57 |
| Tabela 03- Esquema da distribuição das partículas nas camadas do painel, peso e granulometria.....                                                           | 61 |
| Tabela 04- Quantidade de adesivo para cada camada do painel.....                                                                                             | 63 |
| Tabela 05- Proporção dos materiais utilizados no tingimento das partículas.....                                                                              | 69 |
| Tabela 06- Esquema do processo para o tratamento térmico das partículas a 180° e 200°.....                                                                   | 71 |
| Tabela 07- Resultados para a determinação da densidade para os cinco traços com 100% bamboo natural, com tingimentos e tratamento térmico.....               | 73 |
| Tabela 08- Resultados para a determinação do teor de umidade para os cinco traços com 100% bamboo natural, com tingimento e tratamento térmico.....          | 74 |
| Tabela 09- Resultados para a determinação do inchamento durante 24h para os cinco traços com 100% bamboo natural, com tingimento e tratamento térmico.....   | 76 |
| Tabela 10- Resultados para os testes de absorção de água durante 24h para os cinco traços com 100% bamboo natural, com tingimentos e tratamento térmico..... | 77 |
| Tabela 11- Resistência à flexão estática (MOR) e (MOE) com os valores mínimos, médios, máximo e os respectivos desvios padrões para o traço 01 .....         | 79 |
| Tabela 12- Resistência à tração perpendicular com os valores mínimo, médio, máximo e desvio padrão para o traço 01 .....                                     | 80 |
| Tabela 13- Resistência ao Arrancamento de Parafuso com os valores e os desvios padrões para o traço 01 .....                                                 | 81 |
| Tabela 14- Resistência à tração superficial com os valores mínimo, médio, máximo e desvio padrão para o traço 01 .....                                       | 81 |

## LISTA DE EQUAÇÕES

|                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------|----|
| EQUAÇÃO 01. Cálculo da massa do colchão de fibras .....         | 46 |
| EQUAÇÃO 02. Cálculo do volume do colchão de fibras .....        | 46 |
| EQUAÇÃO 03. Cálculo para o Teor de Umidade .....                | 47 |
| EQUAÇÃO 04. Cálculo da Densidade .....                          | 48 |
| EQUAÇÃO 05. Cálculo do Inchamento em 24h .....                  | 49 |
| EQUAÇÃO 06. Cálculo para a Absorção de água .....               | 49 |
| EQUAÇÃO 07. Cálculo da Resistência à Flexão Estática- MOE ..... | 52 |
| EQUAÇÃO 08. Cálculo da Resistência à Flexão Estática- MOR ..... | 52 |
| EQUAÇÃO 09. Cálculo da Resistência à Tração Perpendicular ..... | 53 |
| EQUAÇÃO 10. Cálculo da Resistência à Tração Superficial .....   | 55 |

## LISTA DE ABREVIATÖES

|           |                                                                  |
|-----------|------------------------------------------------------------------|
| OSB       | <i>Oriented Strandboard</i>                                      |
| MOE       | Módulo de Elasticidade                                           |
| MOR       | Módulo de Ruptura                                                |
| ABNT      | Associação Brasileira de Normas Técnicas                         |
| EN        | <i>European Committee for Standardization</i>                    |
| SBA       | <i>Structural Board Association</i>                              |
| ANSI      | <i>American National Standards Institute</i>                     |
| CS        | <i>Commercial Standard</i>                                       |
| FAO       | <i>Food and Agriculture Organization of the United Nations</i>   |
| UNESP-FEB | Universidade estadual Paulista- Faculdade de Engenharia de Bauru |
| FF        | Fenol Formaldeído                                                |
| MUF       | Melamina Uréia Formaldeído                                       |
| MDP       | Medium Desity Particle                                           |
| MDF       | Medium Density Fiberboard                                        |
| WB        | Wafer Board                                                      |
| MLC       | Madeira Laminada Colada                                          |

## LISTA DE SÍMBOLOS

|                     |                                          |
|---------------------|------------------------------------------|
| Bar                 | Pressão                                  |
| Cm                  | Centímetro                               |
| ° C                 | Grau Célsius                             |
| D                   | Densidade                                |
| G                   | Gramas                                   |
| H                   | Hora                                     |
| kg                  | Quilograma                               |
| kgf/cm <sup>2</sup> | Quilograma força por centímetro quadrado |
| kg/m <sup>3</sup>   | Quilograma por metro cúbico              |
| kN                  | Kilo Newton                              |
| L                   | Litros                                   |
| M                   | Metro                                    |
| Mpa                 | Megapascal                               |
| Mm                  | Milímetro                                |
| mm <sup>3</sup>     | Milímetro Cúbico                         |
| N                   | Newton                                   |
| N/mm <sup>2</sup>   | Newton por milímetro quadrado            |
| %                   | Porcentagem                              |

## GLOSSÁRIO

Bambu- Planta lenhosa, monocotiledônea, pertencente às angiospermas;

Características Físicas- Propriedades específicas de determinada matéria como densidade, dureza e condutibilidade;

Características Mecânicas- Propriedades do material quando sujeito à esforços mecânicos;

Coloração- Sensação produzida pelas cores;

Densidade- Concentração de matéria em um volume;

Flexão Estática- Aplicação de uma carga crescente em determinados pontos de um corpo-de-prova com a deflexão da barra, caracterizado por trabalhar apenas no regime elástico de deformação até a fratura;

Módulo de Ruptura (MOR)- Força até ruptura;

Módulo de elasticidade (MOE)- Aplicação de força para determinação de constante que expressa a rigidez durante o regime elástico;

ABNT- Norma técnica brasileira;

Oriented StrandBoard- Painel ou chapa de partículas orientadas;

Painel de Partículas Orientadas- Painel ou chapa com partículas de madeira, bambu e outros materiais organizadas de forma paralela, transversal ou aleatória colados e prensados com resinas;

Partículas (*Strands*)- Pedacos de madeira ou bambu com variados formatos e tamanhos;

Resinas- Substâncias viscosas a base de materiais naturais ou sintéticos;

Resistência ao arrancamento de parafuso- Arrancamento de parafuso na sua superfície e topo;

Tração perpendicular- Força aplicada perpendicularmente até a ruptura do centro do painel;

Tração superficial- Força perpendicular promovendo arrancamento de área da camada superficial;

Tratamento Térmico- Aquecimento realizado nos materiais com o intuito de alterar as suas propriedades físicas e mecânicas.

## RESUMO

### DESENVOLVIMENTO DE PAINÉIS COM PARTÍCULAS ORIENTADAS (OSB) DE BAMBU

A utilização dos painéis com partículas orientadas vem crescendo nas últimas décadas em virtude das excelentes características físicas e mecânicas, facilidade no uso e aplicação na construção civil. Paralelamente a fabricação desses produtos não atendem completamente aos requisitos ambientais. Com o intuito de minimizar os efeitos causados principalmente ao meio ambiente a tese teve como objetivo obter painéis para fins não estruturais para o uso interno em condições secas. Foram produzidos painéis do tipo OSB com partículas finas e compridas para a avaliação das características físicas e mecânicas segundo o documento normativo ABNT 14810-2013 para painéis de média densidade. Para a fabricação dos painéis decidiu-se pelo uso do bambu como uma matéria prima natural renovável com colmos da espécie *Bambusa vulgaris*, definidos por conta da facilidade de adaptação e reprodução em solos brasileiros. Para a conformação do painel utilizou-se adesivo à base de mamona bi componente, com a vantagem de ser uma resina com alto percentual ecológico. Utilizou-se a coloração para a atribuição de cor nos painéis a partir do processo de tingimento com pigmento natural do urucum e tratamento térmico das partículas a 180° e 200° C em estufa climatizada. Observou-se um ótimo desempenho para os testes físicos na determinação para a umidade, teor de umidade, inchamento após 24 horas e na densidade com a média em torno de 0,74g/cm<sup>3</sup>. Para os testes mecânicos na determinação da flexão estática e no módulo de elasticidade os resultados demonstraram a sua aplicação para painéis não estruturais e estruturais em áreas secas e úmidas. Para a tração perpendicular e superficial os resultados médios superaram os valores recomendados com 1,239 N/mm<sup>2</sup> e 1,19 N/mm<sup>2</sup> respectivamente.

**Palavras-chave:** Bambu, Painéis de Partículas Orientadas, Produção Sustentável, Características Físicas e Mecânicas, Coloração.

## ABSTRACT

### DEVELOPMENT OF BAMBOO ORIENTED STRAND BOARDS (OSB)

The use of oriented strand boards has been increasing in recent decades due to the excellent physical and mechanical characteristics, ease of use and application in civil construction. At the same time the manufacture of those products does not completely meet the environmental requirements. In order to minimize the main effects caused to the environment the thesis aimed to obtain panels for non-structural purposes for indoor use in dry conditions. OSB panels with fine and long particles were produced for the evaluation of physical and mechanical characteristics according to the ABNT 14810- 2013 normative document for medium density panels. For the manufacture of the panels it was decided to use bamboo as a renewable natural raw material with culms of *Bambusa vulgaris* species. They were defined because of the ease of adaptation and reproduction in Brazilian soil. For the conformation of the panel it was used a two-component castor-based adhesive, with the advantage of being a resin with high ecological percentage. Staining was used for color assignment in the panels by the dyeing process with natural annatto pigment and heat treatment of the particles at 180°C and 200°C in a climate oven. Optimum performance was observed for physical tests in the determination for moisture, moisture content, swelling after 24 hours and density with the average around 0.74g / cm<sup>3</sup>. For the mechanical tests in the determination of the static bending and the modulus of elasticity the results demonstrated its application to non-structural and structural panels in dry and wet areas. For perpendicular and superficial traction the average results exceeded the recommended values with 1.239 N/mm<sup>2</sup> and 1.19 N/mm<sup>2</sup> respectively.

**Key words:** *Bamboo, Oriented Strand Boards, Sustainable Production, Physical and Mechanical Characteristics, Staining.*

## 1. INTRODUÇÃO

Na evolução das tecnologias e da qualidade dos materiais algo está acontecendo e alterando o valor que tem sobre a vida das pessoas. E relacionando o papel que desempenham na vida contemporânea, os materiais estão se tornando temas centrais na relação com os consumidores, assumindo características com superfícies antibacterianas para a melhor higiene, compósitos avançados para equipamentos eletrônicos, materiais genuínos na aplicação em interiores e o uso de eco materiais para diminuir a culpa do homem e posicioná-los como consumidores conscientes (LEFTERI, 2017).

Deste modo, é necessário avaliar todas as variáveis que os materiais assumem a partir do seu uso e aplicação. No caso dos materiais, o mais importante para Ashby & Johnson (2011) é a sua aplicação e o processo de encontrar soluções que sejam significativas para as pessoas criando impactos positivos, evoluindo de uma sociedade industrial impulsionada pelo consumismo para a uma sociedade que valoriza a eficiência e aparência.

Thompson (2015) ressalta que muitos dos materiais tem impacto positivo ao meio ambiente como por exemplo as fibras vegetais, que podem ser cultivadas de forma orgânica e transformadas em materiais compostos de alto desempenho e biodegradáveis no fim da vida útil.

Os painéis de partículas orientadas, especificamente o *Oriented StrandBoard-OSB* têm propriedades satisfatórias e ampla aceitação no mercado, porém, a indústria que produz este tipo de painel vem tentando melhorar a qualidade de suas chapas, com diversas pesquisas voltadas a estabilidade dimensional, o acabamento superficial, a proteção contra insetos xilófagos, fogo e análise do comportamento mecânico (CLOUTIER, 1998).

Contudo, nas últimas décadas apesar da evolução da produção dos painéis, um dos maiores problemas que não foram solucionados está relacionado com a utilização dos adesivos na prensagem a quente durante o processo de fabricação. O bambu é um material lignocelulósico compatível com adesivos produzidos com resinas naturais. Atualmente um dos desafios da produção dos painéis é a possibilidade da utilização de materiais e resinas ecológicas como aglutinante na conformação do painel.

Souza *et al.* (2014), afirmam que este é o principal problema ecológico por conta da emissão de formaldeído, nocivo ao homem e ao meio ambiente, sendo assim, eles indicam novas propostas para o uso de resinas amino-plásticas de baixas emissões e resinas isentas de formaldeído, como polivinina e as bioresinas.

Semple e Smith (2017), relata também a ineficiência nos métodos para a produção da biomassa para a fabricação dos painéis, ressaltando os desperdícios com a matéria prima. Neste contexto podem ser observados a relação dos produtos com o material, sua produção, ciclo vida e todo o sistema que envolve o produto, e neste caso, o bambu e a resina de mamona se enquadram com alto potencial agrícola, com a possibilidade de manejo sustentável, além das qualidades ambientais como matéria-prima e as tecnologias envolvidas na sua fabricação, além das suas características químicas, físicas e mecânicas.

Lefteri (2017) afirma que o bambu tem atraído a atenção nos últimos anos, principalmente por conta da relação com a produção verde, matéria-prima de fonte natural e regenerável, leve, resistente, flexível, excelente desempenho força/peso e usos multivariados, apto para uma produção com a possibilidade de retirada de tiras, fibras e varetas com requisitos para a sustentabilidade com baixo custo.

Thompson (2015), ressalta que o Design e a Sustentabilidade tratam do impacto que um produto ou serviço podem gerar sobre as pessoas e ao ambiente a partir da sua produção, uso e descarte.

Pazmino (2015) sugere algumas diretrizes para a pré-produção como utilizar materiais renováveis e não prejudiciais; na produção com a escolha de técnicas de produção alternativas, menos processos com pouca geração de resíduos, utilizando tecnologias limpas e a redução do consumo de energia.

Booth e Plunkett (2015), afirmam que as tecnologias interferem hoje em dia no trabalho dos projetistas, com novos modos de pensar, novos materiais a considerar e novas maneiras de transformar suas ideias, aliado à preocupação com a sustentabilidade, a redução dos resíduos e a conservação dos recursos naturais, alterando os critérios de projeto com os valores estéticos ficando no plano secundário.

Sendo assim, a tese propõe a produção de um painel de média densidade do tipo OSB utilizando partículas finas e compridas da espécie *Bambusa vulgaris* com o acabamento natural, com tingimentos e tratamento térmico, na composição com a resina à base de mamona bicomponente, possibilitando processos de fabricação com

bom aproveitamento na obtenção da matéria-prima e desempenho físico-mecânico equivalente ou superior àqueles fabricados pelas empresas de madeira.

Deste modo, desenvolver uma chapa de partículas orientadas de bambu, utilizando material de fonte renovável através do plantio obtido no campus da Universidade estadual Paulista- Faculdade de Engenharia de Bauru, para os ensaios e avaliação das características físico-mecânicas e a sua aplicação em produtos para áreas secas em ambientes internos.

## **1.1 OBJETIVOS**

### **1.1.1 QUESTÕES DA PESQUISA**

É válido o desenvolvimento de novas técnicas para painéis de partículas orientadas do tipo OSB a partir do uso do bambu com características mecânicas que ampliam a sua relação com os projetos? O painel OSB por meio de suas características físicas com o uso da coloração contribui para ampliar a escolha dos materiais em projetos e a sua aplicação em ambientes internos?

### **1.1.2 HIPÓTESE**

O material permite a produção com melhor aproveitamento da matéria-prima utilizando processos simples e racionais, possibilitando o uso e a aplicação em produtos industriais para áreas internas por suas características físicas e mecânicas.

### **1.1.3 OBJETIVO GERAL E ESPECÍFICO**

A tese teve como objetivo geral desenvolver painéis OSB do tipo P2 (não estruturais para áreas internas e secas) com partículas de bambu natural do tipo lascas finas e compridas e através de testes físicos e mecânicos a aplicação em ambientes internos em áreas secas.

Os objetivos específicos são:

- Fabricar painéis OSB de bambu utilizando materiais de fontes renováveis e adesivos de base vegetal como alternativa para diminuir os efeitos causados ao meio ambiente;

- Realizar testes físicos na determinação da densidade, umidade, absorção de água e inchamento após 24h para os painéis OSB de Bambu;

- Aplicar a Coloração a partir do tingimento e tratamento térmico como uma alternativa para o acabamento dos painéis.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para a revisão bibliográfica desta tese foram definidos como objeto de estudo os assuntos relacionados com as principais tipologias dos painéis, a fabricação, os fatores e propriedades dos painéis de partículas, características dos painéis com partículas orientadas, o estado da arte dos painéis de partículas orientadas de bambu e as principais matérias-primas utilizadas.

### 2.1 PAINÉIS DE PARTÍCULAS

Os painéis de partículas podem ser definidos como sendo um painel produzido com material lignocelulósico, geralmente madeira (neste caso o bambu se apresenta como alternativa), na forma de partículas, combinado com uma resina sintética ou outro ligante adequado, unidos sob temperatura e pressão em uma prensa aquecida, por um processo no qual toda a ligação entre as partículas é criada pela resina adicionada (MALONEY, 1993).

As chapas à base de madeira podem ser diferenciadas segundo os aspectos técnicos, assim Gonçalves (2000) classifica os produtos à base de madeira principalmente em função da forma da matéria-prima lenhosa utilizada na fabricação dos painéis, sendo as matérias-primas mais comuns definidas como lâminas, partículas e as fibras de madeira.

A Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação- FAO (2018) define os painéis de partículas como um material fabricado a partir de pequenos partículas de madeira ou outros materiais lignocelulósicos, incluindo flocos, farpas, fios, fragmentos, ligados por um aglutinante orgânico sob calor, pressão, umidade, catalisador, incluindo os *waferboard* e o OSB, excluindo a lã de madeira e outros aglomerados colados com ligantes inorgânicos.

No último relatório relacionando os valores da produtividade mundial da produção dos painéis particulados, a FAO (2015) apresenta as porcentagens por continente, sendo que a maior produção foi na Europa com 45,22 milhões de m<sup>3</sup> em 2013, sendo que no Brasil foram produzidos cerca de 3,8 milhões de m<sup>3</sup>. A organização apresenta os cinco maiores países fabricantes de painéis particulados e seus valores médios de produção para o ano de 2013:

- 1- China (24,58 milhões de m<sup>3</sup>);
- 2- Estados Unidos da América (15,19 milhões de m<sup>3</sup>);
- 3- Canadá (7,96 milhões de m<sup>3</sup>);
- 4- Alemanha (6,81 milhões de m<sup>3</sup>).

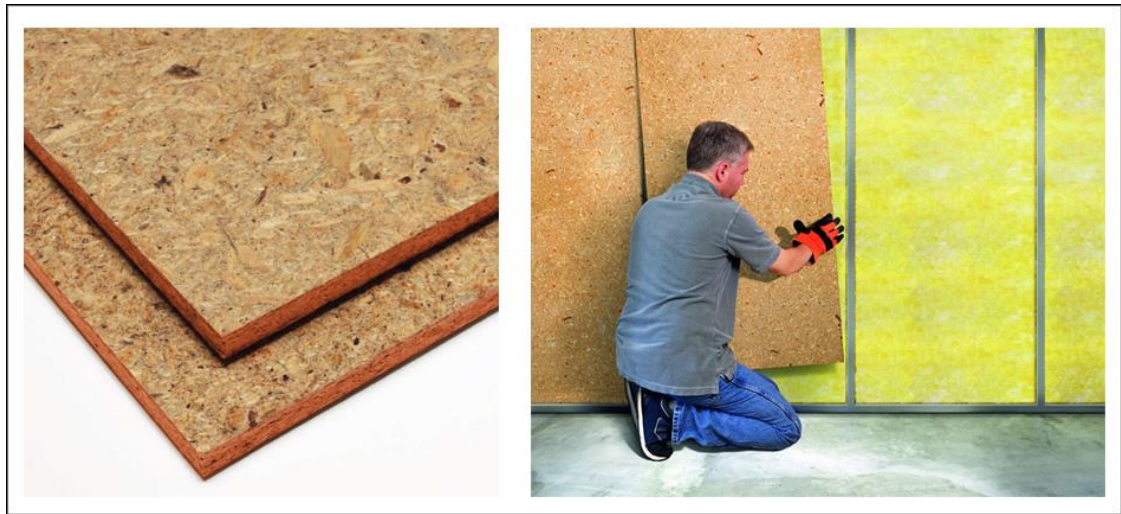
Brown & Farrelly (2014) na indicação a partir da classificação dos materiais para o uso em áreas internas, agrupa as madeiras e outras fibras orgânicas, incluindo o bambu, para os painéis tipo OSB e aglomerados com uso de flocos e partículas.

Para o processamento desses flocos e a obtenção das partículas, Koch (1964), afirma que existem várias máquinas com o propósito de reduzir a madeira em pedaços aleatórios em partículas com dimensões menores. Essas máquinas não necessitam de orientação especial da peça de trabalho além da configuração da entrada de alimentação. Afirma ainda que, em relação as máquinas, destaca-se cada tipo de matéria prima e a sua redução requer análise individual com as suas capacidades e potências, um deles é o picador portátil, que foi desenvolvido para reduzir o desperdício no processo de obtenção da partícula, podendo ser cilíndricos com forma cônica dupla.

Alam *et al.* (2015) testou três diferentes tipos de painéis aglomerados com bambu incluindo resíduos de galhos, com as camadas montadas manualmente e posteriormente prensadas a quente por 8 minutos na temperatura de 130° C e pressão específica de 4,5 N/ mm<sup>2</sup>, com as esteiras mantidas na pressão a frio por 15 minutos evitando o inchamento em espessura na retirada das chapas depois da conformação. As chapas foram acondicionadas em uma sala de condicionamento por 48 horas antes do empilhamento para evitar a degradação das resinas com as placas aparadas no final do processo para reduzir os defeitos de borda durante os testes.

A Masisa (2019), fabricante de painéis de madeira tem como produto um painel de partículas não estrutural definido como OLB (Figura 01), com camada única, que torna as lascas mais homogêneas e pequenas, evitando lascas. O produto é orientado para a sua aplicação em espaços internos como revestimentos de paredes e teto, fechamento temporário de obras e embalagens.

Figura 01. Painel OLB para aplicações não estruturais em áreas internas.



Fonte: (MASISA, 2019)

## 2.2 PAINÉIS DE PARTÍCULAS ORIENTADAS (OSB)

O OSB é um painel de madeira estrutural formado geralmente por partículas longas de formato retangular, encoladas com resinas fenol-formaldeído ou isocianato, orientadas na mesma direção e consolidado através de prensagem a quente (IWAKIRI, 2005).

Maloney (1993) define o OSB como um painel estrutural considerado a segunda geração de painéis *Waferboard* (WB), produzido com madeiras a partir de lascas (*Strands*).

O documento *European Committee for Standardization- EN* (2006) define quatro tipos de OSB:

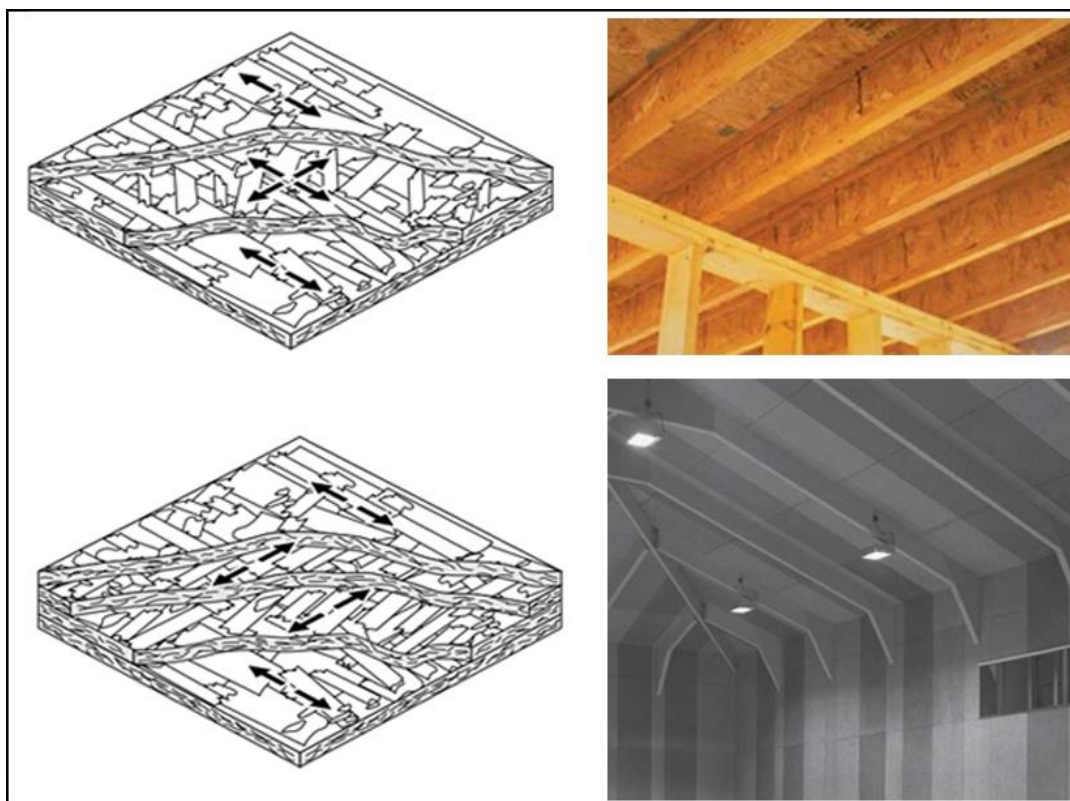
- OSB/1 com placas para usos gerais e placas para componentes interiores, incluindo mobiliário, utilizadas em ambiente seco;
- OSB/2 com placas para fins estruturais utilizadas em ambiente seco;
- OSB/3 com placas para fins estruturais utilizadas em ambiente úmido;
- OSB/4 com placas para fins estruturais especiais utilizadas em ambiente úmido.

A norma define ainda que para a composição do OSB as partículas são processadas com tiras predeterminadas com comprimento maior que 50 mm, e uma espessura menor que 2 mm, unidas por uma resina. As partículas podem ter variações

nas dimensões com aproximadamente 25 mm de largura, 80 a 150 mm de comprimento, variando entre 0,5 a 0,75 mm para a espessura.

De acordo com a *Structural Board Association*- SBA (2004), o OSB é um painel estrutural composto de partículas utilizando algumas espécies de madeira com o material processado observando a direção da grã das toras de madeira para manter a resistência natural. Os painéis são classificados em dois tipos, um com as partículas alinhadas nas camadas superficiais e na parte interna de forma aleatória, e o outro, com as partículas nas camadas internas alinhadas paralelamente e as camadas externas alinhadas perpendicularmente (Figura 02) para as inúmeras aplicações como vigamentos, divisórias e revestimentos internos. Ressaltam ainda, que os painéis OSB são projetados e fabricados para a utilização em construções internas como revestimento de telhados, revestimento de paredes, base para pisos e pisos de camada única em aplicações na construção.

Figura 02. Camadas estruturais do painel OSB e a aplicação na construção civil.



Fonte: Adaptado de (SBA, 2004)

Para Souza *et al.* (2014) o OSB pode ser considerado o painel com maior importância nos últimos anos para a indústria de produtos derivados de madeira. As

chapas de OSB se diferenciam basicamente em suas aplicações, ressaltando que as resinas utilizadas na produção de OSB são principalmente à base Fenol Formaldeído (FF) e Melamina Ureia Formaldeído (MUF).

São vários os painéis de madeira com características semelhantes encontrados no mercado, como exemplo, Janssen (1998) define que a diferença básica entre OSB e *waferboards* se apresenta principalmente no tamanho de partículas, mais curtas ou mais largas ou comprimentos diferentes. Outra diferença significativa está na formação do colchão com o *waferboard* na orientação aleatória e no caso do OSB são direcionados paralelamente ou perpendicularmente dependendo da quantidade de camadas.

Quando avaliado o setor de painéis de madeira industrializada (MDP, MDF, chapa dura, OSB, *waferboard* e outros), a Associação Brasileira de Produtores de Floresta- ABRAF (2012) apresenta que os principais destinos para exportação brasileira são os Estados Unidos, México, Bolívia, Argentina e Jamaica, sendo que no Brasil são produzidos e consumidos aproximadamente 7,3 milhões de m<sup>3</sup>.

Gonçalves (2000) afirma que para o OSB e a chapa de flocos não-orientados (WB) os processos produtivos são semelhantes aos aglomerados, diferenciando no tamanho da partícula, divisão da partícula na metade da largura, configuração do picador e na formação do colchão realizada por sistemas mecânicos modulares.

### 2.2.1 FATORES E PROPRIEDADES

Segundo Moslemi (1974), Maloney (1977, *apud* Bertolini, 2011), os painéis de partículas são influenciados por algumas características como:

- a qualidade da madeira a ser empregada, sendo que algumas características podem influenciar como a densidade, a quantidade de extrativos, a quantidade de nós, a espécie, a acidez e outros;
- a densidade do material a ser utilizado na produção do painel irá influenciar a densidade final dele e consequentemente a sua razão de compactação e a resistência à flexão estática;
- a qualidade e a quantidade dos adesivos e aditivos.

Para aplicações mais específicas dos painéis necessitam em alguns casos a adição de alguns produtos como retardantes de fogo, emulsão de parafina e preservativos contra fungos e insetos (DINHANE, 2015).

A densidade é de suma importância, pois influenciará nas propriedades físicas e mecânicas dos painéis. Desse modo, painéis fabricados com partículas de baixa densidade envolve menos custo de operação do que partículas de alta densidade. Mas isto pode ser solucionado com a mistura de madeiras de baixa e alta densidade, possibilitando produzir painéis de média densidade com propriedades mínimas exigidas nas normas. (MALONEY, 1993).

Madeiras de alta densidade apresentam maiores alterações dimensionais causadas pelas alterações do volume de água interna (IWAKIRI, 2005). O autor apresenta fatores que podem interferir na fabricação dos painéis como a eliminação dos efeitos da anisotropia, a resistência do painel no sentido da largura e do comprimento, a eliminação de fatores de formação da árvore (nós, grã reversa, lenhos juvenil e adultos) e principalmente o controle das propriedades físico-mecânicas, por meio das variáveis de processo, como a resina, a geometria das partículas e o grau de densificação.

Conforme Moslemi (1974) e Kollmann *et al.* (1975), o elevado teor de extrativos pode reduzir consideravelmente a resistência à adesão interna, no entanto, pode também proporcionar um relativo aumento na resistência a umidade.

A quantidade de extrativos presentes na madeira é de aproximadamente 5% a 30%, sendo eles taninos, corantes, óleos essenciais, graxos, materiais voláteis, resinas, ceras, amido, gomas e substâncias nutrientes. Materiais voláteis presentes nos painéis durante a prensagem a quente podem surgir problemas de “bolhas” e de laminação do painel. (IWAKIRI, 2005).

Uma das características principais no desempenho dos compósitos é o tamanho das partículas em função do reforço e tensão. Segundo Michaque (1992), a geometria das partículas é um dos principais fatores que deve ser levado em consideração na produção das chapas de madeira, que alterada a geometria das partículas, é necessário ajustar outras variáveis do processo como a quantidade de adesivo.

Haselein *et al.* (2001) verificaram que o desempenho das chapas alterando as dimensões das partículas (geometria e granulometria) influenciaram outras variáveis do processo de produção principalmente a quantidade de adesivo empregada.

Considerando exclusivamente o tamanho das partículas, Moslemi (1974) e Maloney (1993) afirmaram que partículas menores, devido à menor área superficial requerem maior consumo de resina. Painéis fabricados com partículas curtas e espessas aumentam a resistência à tração perpendicular (VITAL *et al.*, 1992).

Akrami *et al.* (2014) utilizaram as madeiras álamo e faia processadas para a obtenção das partículas com geometria na forma de flocos com comprimento médio de 125 mm, espessura de 0,7 mm e largura de 20-40 mm, e para as camadas centrais partículas com 30-50 mm de comprimento, 10-30 mm de largura e mesma espessura para os ensaios de módulo de elasticidade (MOE), módulo de ruptura (MOR), ligação interna (IB), inchaço em espessura e absorção de água após 24h.

Michaque (1992) utilizou a seleção das partículas com o objetivo de aumentar a resistência do painel, alocando as mais alongadas na região interna do painel melhorando o MOE e as menores na região externa do painel para obter melhor acabamento superficial, além disso, os dados obtidos apresentaram valores maiores para MOE e do MOR, com o aumento do comprimento das partículas e a redução da espessura.

Os painéis com partículas finas são uma opção interessante para o mercado visto que não houve a necessidade de aumento do teor de resina, além de se comportarem de forma mais estável e homogênea que os painéis de partículas grossas (ALBUQUERQUE, 2002).

Sumardi *et al.* (2007) fabricou três tipos de painéis, um deles com três camadas orientadas com a orientação cruzada no centro. Utilizaram resina fenólica comercial com 51% de teor de sólidos, sem ceras ou outros aditivos, prensados por 10 min a uma temperatura de 180° C com força máxima aplicada de 8 MPa, sem qualquer lixamento na superfície com o objetivo de conferir os ângulos das posições das partículas.

Ibrahim & Febrianto (2013) utilizaram nos estudos a formação do colchão orientador das partículas paralelamente ao longo da direção do painel e no centro na direção oposta, com tempo estimado em 8 minutos para a prensagem em painéis com a espessura de 15mm.

Iwakiri (2005) define os adesivos para colagem de madeira como:

- naturais, derivados proteicos de origem natural (glutina, caseína e albumina do sangue), derivados proteicos de origem vegetal (mamona, soja), derivados de amido, éter celulósico e borracha natural;
- adesivos, sintéticos termoplásticos de polivinil/ acetato, polivinil/ acrilato, polietileno, poliestirol e borracha sintética;
- adesivos, sintéticos termofixos com uréia-formaldeído, melamina-formaldeído, fenol-formaldeído, resorcina-formaldeído, tanino-formaldeído, licor sulfito e isocianato.

Iwakiri (2005) ressalta ainda que na relação entre adesivo e os painéis particulados devem ser consideradas:

- as substâncias com capacidade para manter unidos outros materiais em suas superfícies na utilização de sólidos como a madeira;
- fatores que influenciam na colagem de madeiras como as características físico-químicas do adesivo, procedimentos realizados na colagem, composição e características da madeira e as condições de uso do produto colado;
- características físico-químicas do adesivo compreendidas principalmente pela viscosidade, pois o adesivo com alta viscosidade acarretará na menor penetração do adesivo e dificuldade de espalhamento;
- gel-time relacionado à vida útil do adesivo;
- tempo de prensagem influenciado pela reatividade do adesivo, para o “gel-time” ser duradouro ou não, por conta do aumento da temperatura poderá ocorrer o aumento da reatividade do adesivo ocasionando a redução do “gel-time”.

Para Ashby & Johnson (2011) os adesivos à base poliuretana ligam-se bem com uma infinidade de materiais, são resistentes, flexíveis e com boa resistência a água e solventes.

A norma da ABNT (2013) descreve os requisitos para painéis de média densidade para painéis estruturais e não estruturais para áreas secas e úmidas e nas condições severas de carga, considerando os dados para o inchamento durante 24h, à tração superficial, módulo de ruptura (MOR) e elasticidade (MOE) e tração

perpendicular organizados na Tabela 01, com a espessura de 6 a 13mm utilizadas neste estudo.

Tabela 01- Dados da NBR 14.810-2 (2013) para painéis de média densidade considerando a estrutura e condições de uso

| ABNT<br>Painéis                                | Áreas  | INCHAMENTO<br>Durante 24h<br>% | TRAÇÃO<br>SUPERF.<br>N/mm <sup>2</sup> | MOR<br>N/mm <sup>2</sup> | MOE<br>N/mm <sup>2</sup> | TRAÇÃO<br>PERPENDICULAR<br>N/mm <sup>2</sup> |
|------------------------------------------------|--------|--------------------------------|----------------------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------------------------|
| P2, não<br>estruturais                         | secas  | 18                             | 1                                      | 11                       | 1 800                    | 0,40                                         |
| P3, não<br>estruturais                         | úmidas | 17                             |                                        | 15                       | 2 050                    | 0,45                                         |
| P4, estruturais                                | secas  | 16                             |                                        | 16                       | 2 300                    | 0,40                                         |
| P5, estruturais                                | úmidas | 11                             |                                        | 18                       | 2 550                    | 0,45                                         |
| P6, estruturais,<br>Condições<br>Severas Carga | secas  | 16                             |                                        | 20                       | 3 150                    | 0,60                                         |
| P7, estruturais,<br>Condições<br>Severas Carga | úmidas | 10                             |                                        | 22                       | 3 350                    | 0,75                                         |

Fonte: Adaptado da (ABNT 14. 810-2, 2013)

## 2.3 PAINÉIS DE PARTÍCULAS ORIENTADAS DE BAMBU

Liu *et al.* (2016) afirmam que a partícula usada para produzir o OSB é um floco curto de bambu cuja espessura varia de aproximadamente 0,5 a 0,8mm, e mais comprida que larga, 10 a 50mm de largura e 100 a 120mm de comprimento, com a matéria-prima seca e moída com a remoção das camadas internas e externas da parede celular removidas no mesmo processo automatizado utilizado para o OSB de madeira.

Papadopoulos *et al.* (2004) utilizaram a espécie *Bambusa vulgaris* com colmos de bambu cortados em fatias de 20 cm de comprimento, processadas no formato de lascas em um moinho de martelo, e classificadas utilizando duas etapas, a primeira através de uma malha com aberturas de 5 mm e 1 mm para separar o tamanho requerido das partículas, e em seguida, para remover as partículas menores (pó). As lascas foram secas a 3% de umidade a 70°C e classificadas novamente em uma

malha de 3 mm. A quantidade de resina usada foi expressa baseando-se no peso seco das partículas, adicionando água quando necessário para equilibrar a massa no teor de umidade alvo de 10%. O tempo total de mistura foi de 3 min a 200°C por 6min com pressão máxima de 3,4MPa. Nos resultados obtidos, observou que as lascas de bambu da espécie *Bambusa vulgaris* são apropriadas por ter menor volume e densidade em relação à madeira industrial.

Malanit *et al.* (2011) avaliaram a densidade, teor de umidade e a estabilidade dimensional a partir do inchamento em espessura após imersão em água durante 24h a 20°C e verificaram que os valores mais significativos considerando o tipo de resina e quantidade utilizada interferem na estabilidade dimensional como:

- as variações na densidade entre os diferentes tipos de resina foram insignificantes, entretanto, os painéis produzidos com bambu apresentaram um aumento na espessura após a retirada da prensa, resultando em uma explicação do fenômeno de retorno mais intenso do aumento da espessura e consequentemente menor densidade;

- a interferência nas propriedades a partir da estrutura anatômica diferente da madeira, como o tipo de célula, a forma, o tamanho, e o arranjo;

- os painéis podem receber tratamentos adicionais para melhorar o desempenho como a adição de ceras, a retirada da camada da casca do bambu e pré-tratamentos químicos.

Como alternativa para a composição do painel OSB de bambu, Febrianto *et al.* (2015) utilizou misturador com tambor rotativo para a mistura dos fios com 1% de cera de parafina e a adição do adesivo aos filamentos antes de formar o colchão. As camadas foram dispostas frente a frente e as camadas posteriores alinhadas perpendicularmente a camada central, com uma pressão de 2,5Mpa na temperatura de 160°C durante 6min.

Em outro estudo, Febrianto *et al.* (2012) utilizaram para o OSB com bambu, partículas com 70mm de comprimento e obtiveram melhores resultados em relação às partículas com 60mm e 50mm, utilizando a imersão na solução de anidrido acético para melhorar a estabilidade dimensional do painel.

Jin *et al.* (2016) através de seus estudos indicaram o processo de imersão das partículas em soluções de cobre para melhorar a resistência em painéis orientados de bambu.

Ibrahim & Febrianto (2013) utilizaram a imersão dos colmos de bambu em tanques com água quente em tambores cilíndricos, para amaciar e facilitar o descascamento e a fabricação das partículas, reduzindo assim a quantidade de material gerado para secagem de 3 a 7%, seleção e formação do material.

Nos estudos para o OSB de bambu utilizando a espécie *Dendrocalamus giganteus*, Miskalo (2009) constatou o melhor rendimento da biomassa quando se utiliza a parte inferior do colmo do bambu, contudo, com a retirada dos diafragmas causou uma redução da massa para laminação na direção tangencial em 60% e 55% na direção radial.

Zhang *et al.* (1998), estudaram o OSB de bambu fabricado com fios muito finos de Hinoki, ciprestes japoneses orientados nas faces e misturados com cedro japonês na camada interna, compostas por três camadas e dois níveis diferentes de densidade nas faces externas. Utilizaram 10% de resinas nas faces externas e 5% no núcleo, com prensa a vapor aplicada a 0,62MPa (160°C) com o tempo de 2 min. Constataram a melhora nos módulos de ruptura e elasticidade com a incorporação de 10% a 20% de feixes de partículas nas camadas superficiais, interferindo no mínimo sobre os módulos de ruptura e elasticidade ao longo da direção perpendicular, como na resistência interna da união, dureza e expansão linear ao longo da direção perpendicular.

## 2.4 BAMBU

A história do bambu remonta ao começo da civilização na Ásia, sendo aceito que o bambu teve sua origem no Período Cretáceo, um pouco antes do início da era Terciária, quando surgiu o homem (HIDALGO LOPEZ, 2003).

Algumas características do bambu têm proporcionado o mais longo e variado papel na evolução da cultura humana, quando comparado com qualquer outro tipo de planta (FARRELY, 1984). Ressalta ainda que é uma planta predominantemente tropical, perene, renovável e que produz colmos anualmente sem a necessidade de replantio, sendo assim, um grande potencial agrícola.

O bambu cresce mais rapidamente do que qualquer outra planta do planeta, necessitando em média, de 3 a 6 meses para que um broto atinja sua altura máxima de até 30m. O bambu é o recurso natural que se renova em menor intervalo de tempo, não havendo nenhuma outra espécie florestal que possa competir com o bambu em velocidade de crescimento e de aproveitamento por área (JARAMILLO, 1992).

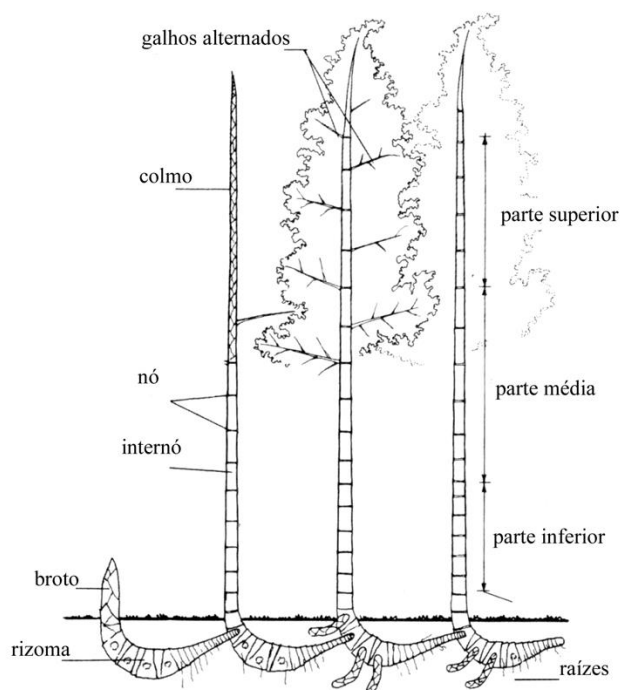
Em relação às propriedades estruturais do bambu, as relações resistência/massa específica e rigidez/massa específica, tais valores superam as madeiras e o concreto, podendo ser tais relações comparáveis inclusive ao aço (JANSSEN, 2000).

Liese (1998) define a massa específica aparente dos bambus que variam entre 500 a 800 kg/m<sup>3</sup>, dependendo principalmente do tamanho, quantidade e distribuição dos aglomerados de fibras ao redor dos feixes vasculares. Na parede do colmo, a massa específica aparente aumenta da parte interna para a externa pelo fato de existirem feixes vasculares menores, mais densos e menor quantidade de tecido básico na camada externa.

Segundo Pereira & Beraldo (2016) o bambu esteve presente na história em momentos fundamentais para a produção industrial, o primeiro com Thomas Edison, no desenvolvimento do primeiro filamento utilizado em uma lâmpada com o uso de carvão de bambu, e o segundo com Alberto Santos Dumont na construção dos primeiros aviões com a utilização de colmos de bambu no modelo Demoiselle. Eles destacam que na Ásia e em alguns países latino-americanos o bambu é considerado como um excelente material para construções principalmente por suas características como resistência e flexibilidade, e ainda na produção de alimentos, fabricação de papel, além de aplicações na engenharia e na química.

O bambu serve a humanidade desde os seus primeiros dias de idade produzindo brotos comestíveis. Do sexto mês até o fim do primeiro ano produz lâminas e lascas para cestas, esteiras, e para o artesanato em geral como apresentado na Figura 03. A partir do segundo ano produz tiras para esteiras e chapas, e a partir do terceiro ano, o bambu pode ser utilizado em estruturas arquitetônicas, ripas para pisos e chapas de bambu (HIDALGO LOPEZ, 2003).

Figura 03. Estrutura dos colmos de bambu.



Fonte: Adaptado de (LOPEZ, 2003)

Ashby & Johnson (2011) afirmam que o bambu é uma dádiva da natureza para a indústria da construção. Define como um tubo oco, excepcionalmente forte e leve, que cresce com tanta rapidez que pode ser colhido em um ano.

Segundo Liese (1998), os principais constituintes químicos do colmo de bambu são carboidratos, determinados como: celulose, hemicelulose, lignina, e em menores quantidades, resinas, taninos, ceras e sais inorgânicos. A celulose corresponde a 55% e a lignina com 25% é o segundo mais abundante.

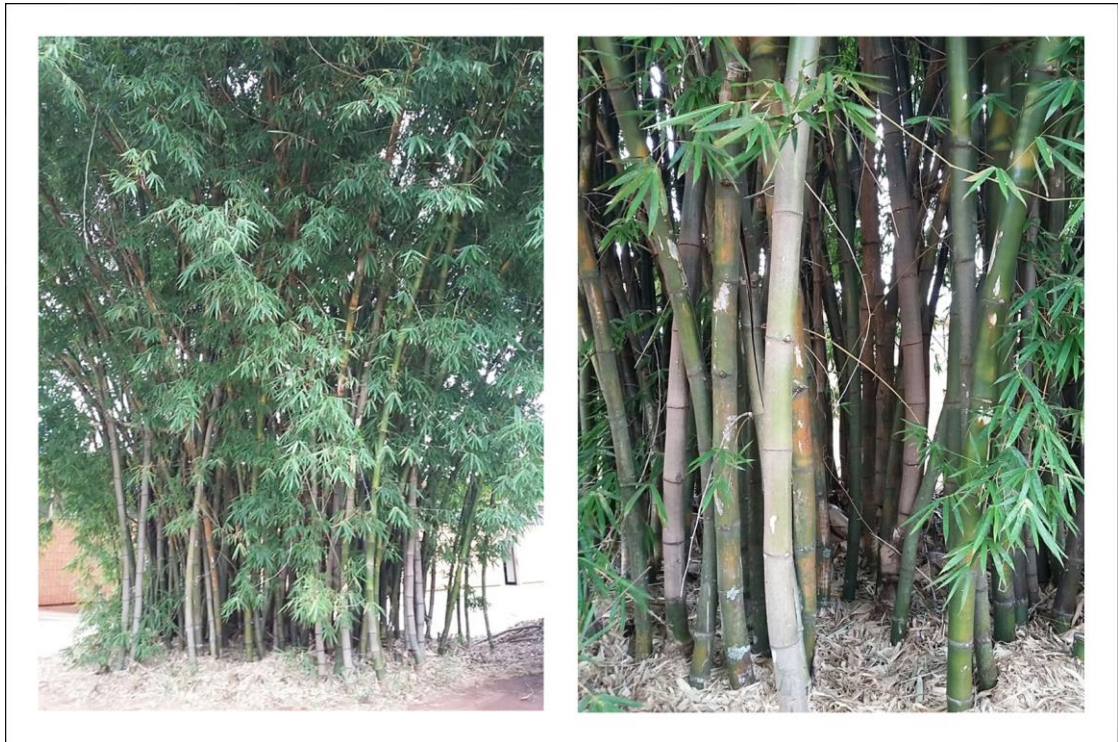
Manríquez & Moraes (2009) define que a lignina é de extrema importância na composição das plantas de bambu, desempenhando diversas funções principalmente na deposição de substâncias e proteção contra microorganismos, e como a hemicelulose são polímeros amorfos e essencialmente termoplásticos, seu ponto de amolecimento é aquele da transição vítrea.

Tomazelli Filho & Azzini (1987), ressaltam que os bambus ocorrem naturalmente em todos os continentes, com exceção da Europa, constituindo-se em matéria-prima de elevada importância particularmente nos países asiáticos.

No Brasil, dentre as espécies comerciais introduzidas destaca-se a *Bambusa vulgaris*, (Figura 04) utilizada nos programas de reflorestamento principalmente no nordeste do país, ocupando cerca de 35.000 a 40.000 hectares para a produção de

celulose de fibra longa, espécie mais comum no Brasil (Figura 04), com porte adequado e boas características físicas e mecânicas, (PEREIRA e BERALDO, 2016).

Figura 04. Espécie de bambu *Bambusa vulgaris*.



Fonte: Autor

Comunidades tradicionais em diversos lugares do planeta utilizam o bambu como matéria-prima e seus habitantes desenvolveram formas de tratar o material para aumentar sua durabilidade com o objetivo de não oferecerem grandes riscos aos seres humanos e ao meio ambiente. Dentre os métodos os mais utilizados são os cuidados na colheita, a maturação na mata, a imersão em água, o banho quente-frio, a fumigação e uso de calor (FERREIRA, 2014).

Os materiais são classificados de acordo com as características mecânicas como resistência, rigidez, plasticidade, fragilidade e dureza que os projetistas poderão avaliar e prever a função e sua aplicação em forros, pisos e paredes internas dos ambientes (BROWN & FARRELLY, 2014). Por meio desta definição, o bambu com as suas características naturais como resistência, flexibilidade, leveza, fibroso e de fonte renovável se apresenta como alternativa para a composição com a resina à base de mamona.

## 2.5 RESINA À BASE DE MAMONA

O óleo da mamona é obtido com extração do óleo da semente da planta *Ricinus communis* com sua constituição química é diferente de muitos óleos vegetais por estar presente uma faixa de 84% a 91% de ácido graxo hidroxilado. Este adesivo pode ser dividido em duas formas como mono e bi componente, ambas são curadas por algum tipo de reação quando aplicada ao substrato, a primeira em contato com o meio ambiente (por evaporação do solvente) e a segunda cura pela ação de um catalizador (COUTINHO & DELPECH, 1999).

Dias (2005) afirma que a mamona é conhecida internacionalmente como *Castor Oil*, planta da família das euforbiáceas, de onde é extraído o óleo de mamona, e assim define as características para se tornar poliuretano:

A partir do óleo de mamona é possível sintetizar polióis e pré-polímeros com diferentes características que, quando misturados, dão origem a um poliuretano. Esta mistura poliól e pré-polímero, a frio, leva a reação de polimerização da mistura. Esta reação conduz a formação da poliuretana, podendo-se variar a porcentagem de poliól, que definirá a maior ou menor dureza, bem como o emprego de catalizador adequado a fim de aumentar a velocidade da reação (DIAS, 2005, pag. 10,11).

O adesivo aglomerante bi componente da Kehl (ANEXO 01) é semi flexível, com alta resistência e impermeabilidade, com cura através de calor em 15min e pós cura em 1h, e sem calor a cura em 3h e pós cura em 24h. O adesivo é considerado universal, 75% natural de fonte renovável, sem solventes e com a alternativa de substitui o formaldeído. A empresa destaca que para a composição de aglomerados para o uso externo as resinas AG 101 e 201 são apropriadas e que na mistura dos componentes A e B quanto mais catalizador, componente de coloração escura, mais flexível se torna o aglomerado na sua conformação, com isso, a mistura do componente A a reação de polimerização se inicia imediatamente e não cessa, é exotérmica, liberando calor com a temperatura da mistura ficando em torno de 45°C.

O cultivo da mamona está sendo incentivado pela característica da versatilidade da aplicação com propriedades superiores aos polímeros derivados do petróleo, e principalmente na utilização em painéis com madeira laminada colada, conhecida como MLC (JESUS, 2000).

Nascimento *et al.* (2015) afirmam que apesar de custo pouco superior aos adesivos empregados em painéis, a tendência por produtos com apelo ambiental já tem colocado a poliuretana à base de mamona em produções comerciais, destinadas à fabricação de pisos com conceito diferenciado, o que mostra que esse custo pode ser reduzido ao longo do tempo, devido ao aumento futuro na demanda por produtos de origem renovável.

Santos (2014) estudou o uso potencial de resíduos de madeira para a produção de aglomerados com adesivo de poliuretano bi componente à base de óleo de mamona. Utilizando 16% de adesivo com base no peso das partículas secas foram produzidos chapas com densidade nominal de 1000Kg/m<sup>3</sup> e compressão de 5 Mpa variando três temperaturas, 90°C, 110°C e 130°C durante 10 min, com resultados independentemente da temperatura, indicaram para a densidade média 930 a 941 kg/m<sup>3</sup>, e para a resistência à tração perpendicular e inchamento em espessura foram maiores que a exigência da norma da ABNT.

Para os painéis particulados, Fiorelli *et al.* (2011) utilizaram de 10 a 15% de resina poliuretana bi componente à base de óleo de mamona, obtiveram valores para as propriedades mecânicas que permitem sua utilização em uso estrutural comercial e industrial, para ambientes internos em residências, construções agrícolas, setor moveleiro e decorativo.

## 2.6 COLORAÇÃO: COR E PROCESSOS

Ching & Binggeli (2005) define cor como uma propriedade inerente de toda forma e que a cor atribuída aos objetos se origina da luz que ilumina e revela forma e espaço. Quando usado em um plano visual fechado, as cores frias, cores acinzentadas parecem recuar, aumentando a distância aparente e cores quentes parecem avançar, são ativos e estimulantes visuais.

Quanto às cores, Silva (2017) aponta que a manipulação de cores é extremamente complexa, pois seus diversos tons, luminosidades e saturações permitem uma infinita gama de combinações, e que vários experimentos mostraram que as cores se relacionam com a emoção de forma mais direta e uniforme que as formas.

No tratamento de materiais fibrosos como tecidos, madeira e bambu os processos industriais são utilizados por meio de técnicas de tingimento, coloração utilizando imersão em água, retificação por exposição à temperatura e carbonização em caldeiras a vapor (MOIZÉS, 2007).

#### 2.6.1 COLORAÇÃO COM TINGIMENTO: PIGMENTOS NATURAIS E CORANTES

Briggs-Goode (2014) afirma que antes da criação dos corantes sintéticos na metade do século XIX os corantes naturais eram produzidos através de frutos, flores e minerais, e tinham características apagadas e não eram duráveis para as cores. Porém em 1856, foi criado o primeiro corante sintético chamado Mauveína ou Mauve, transformando o uso de cores reproduzíveis e confiáveis para a moda e para o design de interiores salientando que alguns processos para a obtenção e tingimento utilizando corantes sintéticos, são prejudiciais ao meio ambiente principalmente na fabricação química dos corantes e no uso da água. Além disso, são usados mordentes necessários para a fixação dos corantes nas fibras, entre eles, os metálicos, o mais utilizado e principal poluidor ambiental neste processo (compostos tóxicos e não biodegradáveis) e os sais. A autora destaca que os pigmentos não são necessariamente corantes, pois eles permanecem na superfície das fibras e não utilizam produtos químicos que auxiliam na penetração, não necessitam do processo posterior para a retirada dos resíduos no tingimento, com o custo mais baixo, facilidade da mistura e aplicação, economizando energia e menor impacto ambiental. A autora classifica os corantes como: diretos (utilizados comumente em fibras de celulose); dispersos; reativos; à tina, sendo muito utilizados por conta da qualidade na intensidade e permanência da cor.

Para o tingimento artesanal Fajardo *et al.* (2002) salientam que até a indústria mecanicamente automatizada não consegue manter as vezes o mesmo padrão de cor neste tipo de processo e orienta para o uso de mordente, para abrir as fibras e fixar internamente as cores.

Para o tingimento de fibras vegetais, Ferreira (2005) orienta para o uso de diversos vegetais e plantas para o tingimento natural entre eles a casca de cebola roxa, cascas de madeira e o urucum (*Bixa orellana*).

A espécie de planta *Bixa orellana* é popularmente conhecida no Brasil como urucum, espécie nativa da floresta amazônica percorrendo até a Bahia, com predominância em áreas chuvosas, conforme o IB Forest (2015), que define ainda, o urucum como uma planta perene, pioneira de solos férteis e úmidos, que produz grandes quantidades de sementes, que são usadas tanto para temperar e tingir, com suas frutas dispostas em cápsulas arredondadas, cobertas por espinhas moles, contendo muitas sementes duras e cobertas com aril vermelho, utilizado como corante.

Alay (2015), utilizou sementes de urucum com a finalidade de extrair o seu máximo potencial e a fração lipídica, ou seja, gorduras, rica em tocotrienol, antioxidantes importantes na indústria química e afins. Os pigmentos permanecem nas sementes após a extração da porção lipídica por conta da pouca afinidade com CO<sub>2</sub> utilizado no processo que resultaram nos seguintes dados:

- sementes de muito valor em termos de bixina, pigmento com grande potencial de coloração e múltiplos empregos;
- o resíduo resultante da extração apresentou rico em pigmento, em carboidratos, proteínas e material lignocelulósico, livre de contaminantes nocivos à saúde humana;
- após a aplicação de tecnologias limpas para o aproveitamento integral das sementes comparadas com a atual produção industrial onde são utilizadas técnicas rudimentares para o aproveitamento integral e sustentável;
- os resultados desses processos obtiveram o pó rico em bixina pela fração de partículas de tamanho menor, farinha de urucum resultantes das partículas maiores e carboidratos hidrolisados que podem ser usados como suplemento alimentar ou na produção de energia;
- verificou-se que as partículas maiores não continham uma concentração relevante de bixina, mas nelas eram importantes os teores de amido, proteína e material lignocelulósico, constituído de hemicelulose, celulose e lignina.

A obtenção do tingidor à base de urucum ocorre com extração de duas substâncias, uma delas a bixina que representa 80% do corante com teor de pigmentos entre 1 e 7%, lipossolúvel, de cor avermelhada, e a outra chamada de norbixina resultante do resíduo de extração da bixina, apresentando cor alaranjada,

sendo os dois pigmentos alternativas para o processo com tingimento, segundo (DEMCZUK e RIBANI, 2015).

### 2.6.2 COLORAÇÃO COM TRATAMENTO TÉRMICO

Maulana *et al.* (2017) para o tratamento a vapor das lascas de bambu de duas espécies, *andong* e *betung*, observaram significativamente a redução do conteúdo extrativos e a melhora da estabilidade dimensional, propriedades mecânicas e na melhor aderência das lascas de bambu. Nos resultados da análise de variância a um nível de significância de 0,05% não apresentaram diferença de densidade variando entre 0,70 e 0,73g/cm<sup>3</sup>. Para avaliar a estabilidade dimensional da composição do painel os resultados revelaram que as espécies de bambu com o tratamento das lascas contribuíram com efeitos significativos nas propriedades de absorção de água, e com o processo simples e relativamente baixo oferecem como uma alternativa no tratamento a vapor utilizando temperatura e pressão para produzir painéis OSB.

Em estudo similar com testes em madeiras, Ferreira *et al.* (2013) avaliaram o processo com o tratamento térmico da espécie *Corymbia citriodora*, nas temperaturas 160, 180, 200, 220 e 240°C e observaram a influência significativa nas propriedades mecânicas e na porcentagem de concentrações poliméricas, com a redução do teor de extrativos com o aumento da temperatura, enquanto que o teor de lignina aumentou. O módulo de elasticidade aumentou com o tratamento com temperatura de 180°C, apresentando as melhores propriedades mecânicas devido ao aumento da cristalinidade da celulose e lignina. Acima de 180°C a degradação da holocelulose causada pela diminuição do teor de celulose afetou consequentemente na redução do módulo de elasticidade.

Por conta das inúmeras características indesejáveis como anisotropia, higroscopicidade, instabilidade dimensional e suscetibilidade à degradação biológica resultam em problemas na fabricação dos produtos à base de materiais lignocelulósicos, e são superadas através de processos de modificação como, químico, superficial, por impregnação e térmico, este último, que mais evolui comercialmente. Com o processo pode-se obter diferentes colorações deixando o material mais atrativo com mais opções para os consumidores. Essa modificação térmica altera a cor da madeira porque afeta diretamente os constituintes poliméricos,

e a coloração é modificada inicialmente a temperaturas abaixo de 100°C e substancialmente a partir de 120°C, quando as hemiceluloses são afetadas e mudanças significativas ocorrem a partir de 180°C a 250°C (LEITE, 2019).

Kollmann *et al.* (1975) afirma que a 100°C começa a verificar também uma decomposição, que é levada a cabo muito lentamente até 200°C, mas que pode ser apreciado, pelo menos, pela perda de peso. Aqui há, em essência, uma divisão irreversível da água. A mais de 200°C, a reação torna-se rapidamente mais perceptível e a 275°C, de repente, começa a se desenvolver violentamente, o que libera quantidades consideráveis de calor.

Uma das características do tratamento térmico (carbonização) é a alteração da cor e por consequência alguns fatores como a estabilidade dimensional e a ação antibacteriana que o processo agrega aos materiais lignocelulósicos. Seguindo este conceito a empresa Food Intelligence (2010) avaliou por meio de testes de ação bactericida em peças de bambu para a empresa Só Marcas Ltda do setor de brindes com bambu, com amostras medindo 2,5 x 5cm, com os microrganismos *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli* seguindo a metodologia, IMSL JIS z 2801: 2000, apresentando a eficiência dos testes em 99,99% confirmando a ação e a qualidade dos materiais empregados em seus produtos (ANEXO 03).

Carneiro (2018) avaliou diferentes amostras de laminado (ripas) de bambu com o objetivo de propor a utilização do bambu laminado colado com cores a partir do tratamento térmico. Nos testes realizados, os corpos de prova submetidos às temperaturas de 120° e 140° C não apresentaram alteração significativa, mas a partir da temperatura de 160° C, identificou-se o escurecimento na coloração do bambu que se intensifica à medida que a temperatura é elevada, e no caso da exposição a 200° C com intervalos mais elevados na temperatura, apresentaram deslocamento das fibras dificultando o processos de marcenaria.

Por meio desta revisão observou-se a importância do OSB no mercado de painéis considerando a sua produção nos últimos anos. Ficou evidente a importância dos processos empregados na fabricação dos painéis OSB e suas aplicações.

Entretanto, alguns fatores ainda são desconsiderados nos processos para a sua produção, principalmente no uso das matérias-primas sustentáveis e dos processos de fabricação mais otimizados.

A espécie *Bambusa vulgaris* foi definida pelos resultados positivos de Papadopoulos *et al.* (2004), com o formato e tamanho das partículas segundo Zhang *et al.* (1998). A estrutura com cinco camadas por meio das características observadas por IWAKIRI (2005) e a coloração das partículas antes da prensagem final do painel por meio dos estudos (JIN *et al.* 2016).

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

Para esta tese estão descritos os materiais, equipamentos utilizados e a metodologia aplicada para a fabricação e avaliação dos cinco traços para o OSB de bambu.

#### 3.1 MATERIAIS

##### 3.1.1 MATERIAIS: MATÉRIA-PRIMA

As matérias-primas utilizadas para a produção dos cinco painéis estão descritas na sequencia abaixo:

- partículas de bambu da espécie *Bambusa vulgaris* de colmos adultos com mais de 6 anos, com aproveitamento da base ao topo, exceto galhos e folhas;
- adesivo poliuretano bi-componente à base de mamona, fabricante Kehl (ANEXO 01);
- adesivo *Compound* à base epóxi de média fluidez, marca Vedacit Impermeabilizantes;
- corante natural extraído da *Bixa orellana*, conhecido no Brasil como urucum, em forma de pó;
- corante tingidor têxtil azul marinho, fabricante Guarany (ANEXO 02);
- sal, marca Cisne (ANEXO 04);
- octoborato de sódio, em pó, 20,5% Boro, fabricante Sulboro;
- parafuso auto atarraxante com cabeça tipo panela, de fenda, com tamanho de 4,2mm x 38mm de espessura e passo da rosca de 1,4mm.

##### 3.1.2 MATERIAIS: MÁQUINAS, EQUIPAMENTOS E SOFTWARES

Os equipamentos utilizados no processo de fabricação para a obtenção dos painéis estão listados a seguir:

- balança digital fabricante Marte, modelo BL3200, carga máxima de 3,2kg com divisão de 0,01g;

- balança determinadora de umidade fabricante Marte, modelo ID 200, carga máxima de 210g com divisão de 0,01g;
- caixas formadoras em madeira para moldagem do colchão de fibras;
- prensa manual de madeira a frio (prensagem prévia), fabricada no laboratório;
- prensa hidráulica, fabricante PHS MÁQUINAS HIDRÁULICAS LTDA, modelo PHH80T, com força máxima de 80 toneladas e temperatura máxima dos pratos de 200°C;
- estufa de secagem fabricante SOLAB, modelo 102/480, potência de 4000W, com temperatura máxima de 200°C;
- estufa esterilização e secagem ad, modelo 480 ES;
- conjunto de peneiras vibratórias, fabricante Pavitest;
- serra circular esquadrejadeira fabricante Verry com mesa de 1,5 x 0,6m e serra circular fabricante Leitz especificação 250x2.8/e2.0x30 HW Z80/9.82;
- máquina universal de ensaios, fabricante EMIC, modelo DL 30000 com célula de carga fabricação EMIC tipo Z modelo CCE com capacidade de até 10KN (1000kg);
- paquímetro digital da marca Mitutoyo e modelo 500-144B com precisão de 0,01mm;
- micrômetro digital da marca Mitutoyo e modelo MDC-25PJ com precisão de 0,001mm;
- tritador de galhos modelo CID 30 SL, fabricante CID;
- fogão industrial fabricante ITAJOBÍ, 2 bocas ativo 30x30 2QS;
- recipiente alumínio 20l e 10l;
- moinho de faca, fabricante MARCONI;
- equipamentos de proteção individuais: luvas látex, máscara pó e óculos de proteção;
- suprimentos para a preparação: papel alumínio, copos descartáveis, bacias plásticas e palitos de madeira;
- software EXCEL (Microsoft versão Office 2010) para a composição dos dados e cálculos das mínimas, média, máximas e desvios padrões das amostras;
- software Minitab versão 16.1.1 para a geração dos dados estatísticos.

## 3.2 MÉTODOS

### 3.2.1 FABRICAÇÃO DOS PAINÉIS

Como o OSB é considerado um painel de partículas e no Brasil não tem uma norma específica para este material foi adotada as normas e procedimentos para painéis do tipo P2 a partir da NBR 14.810-2 (2013).

Para a fabricação dos cinco tipos de painéis foram utilizados os mesmos processos conforme as características do painel bambu natural sem coloração (traço 01) e para os outros quatro traços com colorações obtidos com o tingimento (traço 02 com o uso de *Bixa orellana*- urucum e o traço 03 com tingidor têxtil azul, industrial) e o painéis com tratamento térmico, traço 04 com 180° e traço 05 com 200°, como solução para a obtenção das cores decorativas. Os testes de resistência física e mecânica foram realizados segundo as normas que descrevem os materiais, dimensões e procedimentos experimentais.

A densidade alvo adotada foi de 700kg/m<sup>3</sup> e foi definida a partir da ABNT, como painel de média densidade, com as dimensões de 38cm x 32cm x 1,27cm, na proporção de 14% de resina com base no peso seco das partículas, com tempo de mistura das partículas com duração de cinco minutos, pressão para conformação do colchão de 190bar, temperatura nos pratos da prensa de 110°C com o ciclo de prensagem definidos para dez minutos. A equação 01 e a equação 02 foram utilizadas para calcular a massa de partículas do painel.

Equação 01. Cálculo da massa do colchão de fibras

$$m = V \times D \quad (1)$$

Equação 02. Cálculo do volume do colchão de fibras

$$V = L \times C \times E \quad (2)$$

Onde:

D = Densidade expressa em gramas por centímetro cúbico (g/cm<sup>3</sup>);

m = é a massa expressa em gramas (g);

V = é o volume, expresso em centímetro cúbico (cm<sup>3</sup>);

L = é a largura expresso em centímetro (cm);

C = é o comprimento expresso em centímetro (cm);

E = é a espessura do CP, expresso em centímetro (cm).

### 3.2.2 METODOLOGIA PARA OS ENSAIOS FÍSICOS

Para os ensaios físicos na determinação do teor de umidade, densidade, inchamento em 24h e absorção de água 24h (apresentados individualmente nas tabelas do apêndice 06), foram utilizados parâmetros e procedimentos conforme a norma da ABNT.

#### 3.2.2.1 Determinação da Umidade

Na realização dos ensaios para a determinação do teor de umidade para os painéis com partículas OSB, dez corpos de prova foram preparados para cada traço, com dimensão de 50mm x 50mm, com a espessura de 1,27cm definida pelo aro limitador de espessura em metal, atendendo o número de amostras a partir das especificações normativas.

Inicialmente os corpos de prova foram pesados individualmente para determinação da massa úmida, e em seguida, foram acondicionados em estufa a temperatura de  $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  até obterem massa constante, considerando a mesma quando não houver variação maior que 0,1% entre duas pesagens consecutivas.

Logo após a retirada da estufa, as amostras foram resfriadas e novamente pesados para obtenção da massa seca. Para o cálculo da porcentagem do teor de umidade, foi utilizada a Equação (3).

Equação 03. Cálculo para o Teor de Umidade

$$TU = \frac{M_U - M_S}{M_S} \times 100 \quad (3)$$

Onde:

TU -é a umidade residual do corpo de prova, em porcentagem.

$M_U$  -é a massa úmida do corpo de prova, em gramas.

$M_S$  -é a massa seca do corpo de prova, em gramas.

### 3.2.2.2 Determinação da Densidade

Na realização dos ensaios para a determinação da densidade dos painéis de partículas tipo OSB foram utilizados dez corpos de prova para os cinco traços com as dimensões de 50mm x 50mm com a espessura de 1,27cm, definida pelo aro limitador de espessura em metal. Inicialmente os corpos de prova foram identificados, medidos no comprimento e na largura com o paquímetro e pesados em balança semi-analítica. Em seguida os corpos de prova foram aferidos em cinco pontos para as medidas da espessura com a utilização de um micrômetro digital, sendo uma no centro e as demais nas extremidades da amostra. O cálculo da densidade foi realizado por meio da Equação (4).

Equação 04. Cálculo da Densidade

$$D = \frac{m}{L \times C \times E} \times 10^6 \quad (4)$$

Onde:

$D$  -é a densidade do corpo de prova, em kg/m<sup>3</sup>.

$m$  -é a massa do corpo de prova, em gramas.

$L$  -é a largura do corpo de prova, em milímetros.

$C$  -é o comprimento do corpo de prova, em milímetros.

$E$  -é a espessura do corpo de prova, em milímetros.

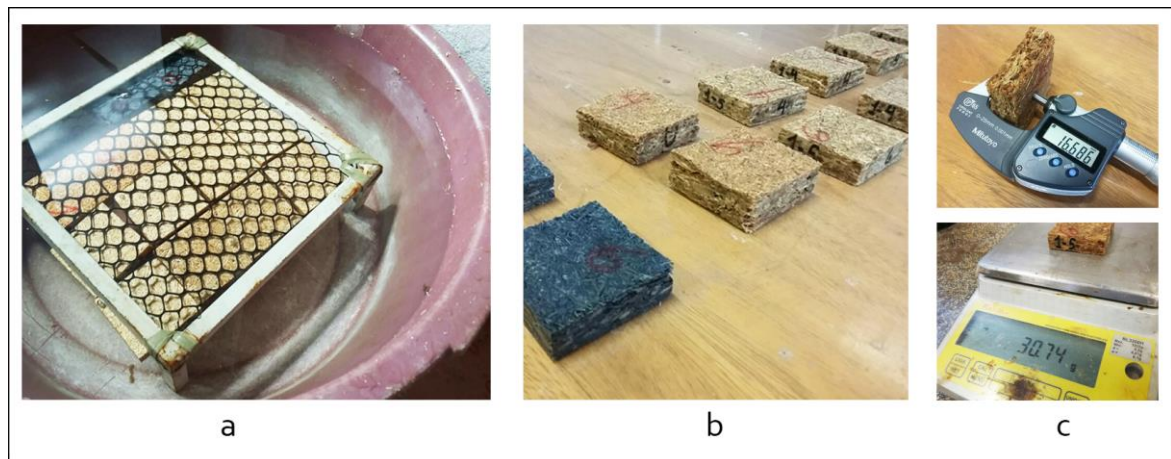
### 3.2.2.3 Determinação do Inchamento e Absorção de Água após 24h

Na realização dos ensaios de inchamento e absorção de água durante 24h para os painéis com os cinco traços foram utilizados dez corpos de prova para cada tratamento com dimensão de 50mm x 50mm, com a espessura de 1,27cm, definida pelo aro limitador de espessura em metal. Após a identificação das amostras, os corpos de prova foram submetidos à aferição do peso, medidas inicial e final da espessura após 24h, a partir do centro da superfície da amostra utilizando um micrômetro digital.

Posteriormente, os corpos de prova foram submersos em uma bacia com água contendo um dispositivo produzido em armação metálica com apoio de rede trançada com material a base de polímero na parte superior, mantendo as amostras na altura

do nível desejado a 25mm abaixo da superfície da água destilada (Figura 05 a) em sala climatizada para a temperatura da água permanecer a  $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ . Após 24h de imersão as amostras (Figura 05 b) foram retiradas do recipiente e o excesso de água foi removido com papel absorvente para a medição da espessura e do peso dos corpos de prova (Figura 05 c).

Figura 05. Corpos de prova no teste de inchamento durante 24h. Amostras submersas em recipiente com água (a); após o inchamento (b); medição do peso e espessura (c).



Fonte: Autor

O cálculo do inchamento em espessura foi realizado através da Equação 05 e o cálculo da absorção de água 24h realizado através da Equação 06.

Equação 05. Cálculo do Inchamento em Espessura

$$I = \frac{E_1 - E_0}{E_0} \times 100 \quad (5)$$

Onde:

$I$  - é o inchamento em espessura do corpo de prova, em porcentagem.

$E_1$  - é a espessura do corpo de prova após o período de imersão considerado, em milímetros.

$E_0$  - é a espessura do corpo de prova antes da imersão, em milímetros.

Equação 06. Cálculo da Absorção de Água

$$A = \frac{M_1 - M_0}{M_0} \times 100 \quad (6)$$

Onde:

$A$  - é a absorção de água do corpo de prova, em porcentagem.

$M_1$  - é a massa do corpo de prova após o período de imersão considerado, em gramas.

$M_0$  -é a massa do corpo de prova antes da imersão, em gramas.

### 3.2.3 METODOLOGIA PARA OS ENSAIOS MECÂNICOS

Para a determinação da resistência à flexão estática no módulo de elasticidade (MOE), módulo de ruptura (MOR), resistência à tração perpendicular, tração superficial e para o arrancamento de parafuso de topo e superfície foram utilizadas as especificações normativas conforme a NBR 14810-2 (2013).

Os testes foram realizados em uma máquina universal de ensaios (Figura 06), marca EMIC, com capacidade de carga até 10KN toneladas (1000kg), pertencente ao Laboratório de Construção Civil da UNESP do Campus de Bauru com os resultados individuais apresentados nos apêndices de 01 a 05. Para os ensaios todos os corpos de prova foram acondicionados em ambiente climatizado durante 72h.

Figura 06. Máquina universal de ensaios.



Fonte: Autor

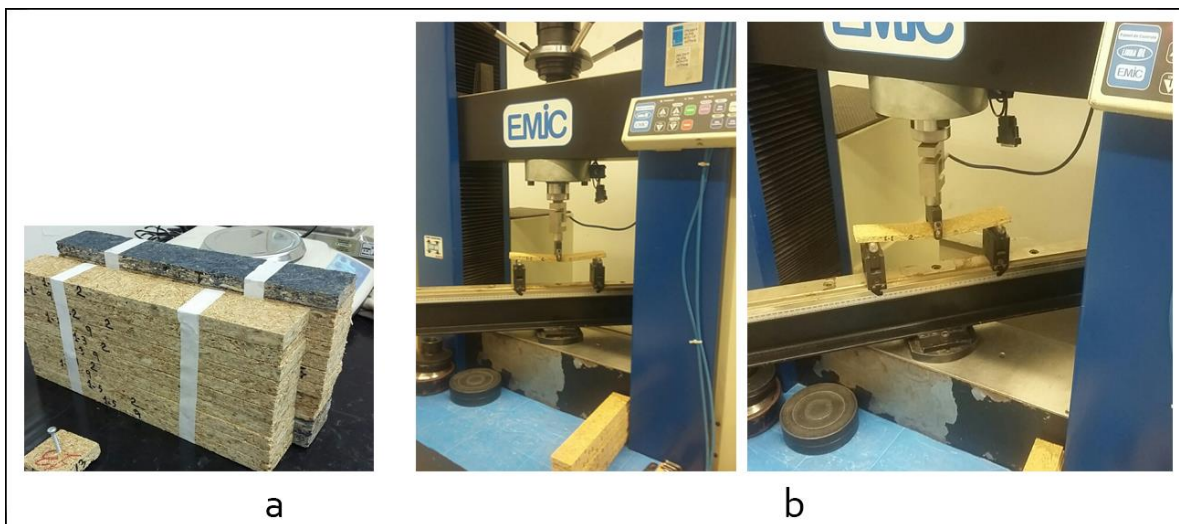
### 3.2.3.1 Determinação da Resistência à Flexão Estática no Módulo de Elasticidade e Módulo de Ruptura

Para o ensaio na Determinação da Resistência à Flexão Estática e o Módulo de Elasticidade dez corpos de prova foram preparados com dimensões (20 x espessura + 50 mm) x 50mm sendo cinco deles retirados no sentido transversal e cinco deles no sentido longitudinal em relação ao posicionamento do painel (Figura 07 a).

Com o auxílio de um paquímetro digital as medidas foram realizadas individualmente para as dimensões da largura, e com micrômetro quanto à espessura no centro dos corpos de prova, baseando-se na área da amostra onde foi aplicada a carga.

Posteriormente os corpos de prova foram posicionados na máquina de ensaios (Figura 07 b), de forma que o cutelo de carregamento coincida com o centro do corpo de prova e os apoios laterais posicionados a 25mm da sua extremidade, formando um vão livre de 250mm.

Figura 07. Corpos de prova (a); ensaio da resistência à flexão estática e módulo de elasticidade (b).



Fonte: Autor

Para o ensaio, a carga foi aplicada com velocidade constante de 7 mm/min, até o rompimento do corpo de prova com os valores de carga de ruptura e deformação coletados pelo software da máquina de ensaio. O *software* forneceu os valores de MOR e MOE, calculados conforme as Equações 07 e 08.

### Equação 07. Cálculo da Resistência à Flexão Estática- MOR

$$MOR = \frac{1,5 \times P \times D}{B \times E^2} \quad (7)$$

Onde:

*MOR*- é o módulo de ruptura, em MPa.

*P* - é a carga de ruptura, em N.

*D* - é a distância entre apoios do aparelho, em milímetros.

*B* - é a largura do corpo de prova, em milímetros.

*E* - é a espessura do corpo de prova, em milímetros.

### Equação 08. Cálculo da Resistência à Flexão Estática- MOE

$$MOE = \frac{P_1 \times D^3}{d. 4. B. E^3} \quad (8)$$

Onde:

*MOE*- é o módulo de elasticidade, em MPa;

*P<sub>1</sub>* - é a carga no limite proporcional, em N;

*d* - é a deflexão correspondente à carga *P<sub>1</sub>*, em milímetros.

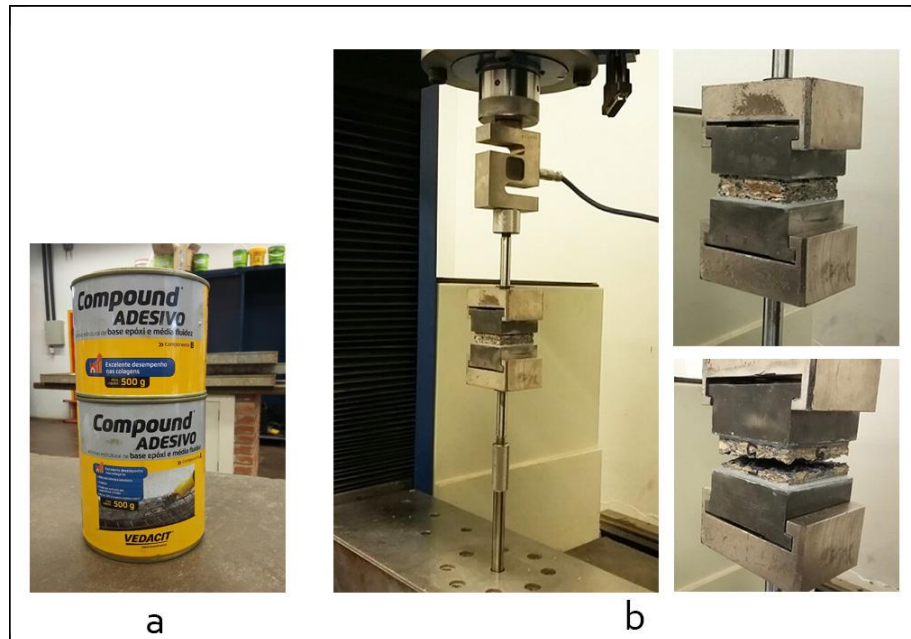
#### 3.2.3.2 Determinação da Resistência à Tração Perpendicular

Para a realização do ensaio foram destinados dez corpos de prova com dimensão de 50mm x 50mm, com as medições da largura e do comprimento com o auxílio de paquímetro digital e em seguida estabilizadas até atingir a umidade de equilíbrio.

Os corpos de prova passaram pelo processo de lixamento e colagem em dez pares de blocos metálicos de tração no formato quadrado, com as mesmas dimensões dos corpos de prova e encaixe para acomodação, fixados com adesivo *Conpound* à base epóxi de média fluidez (Figura 08 a), permanecendo sob pressão pelo período de 24h.

Após a colagem os conjuntos foram acondicionados em ambiente climatizado durante 72h e com o apoio do dispositivo o conjunto foi submetido à tração na máquina universal de ensaios (Figura 08 b), regulada com velocidade de carregamento de 4mm/min, com o acionamento até a ruptura do corpo-de-prova.

Figura 08. Ensaio na determinação da resistência à tração perpendicular. Adesivo utilizado na fixação do corpo de prova no dispositivo (a); dispositivo para o ensaio (b).



Fonte: Autor

A Equação 09 refere-se ao cálculo da resistência a tração perpendicular.

Equação 09. Cálculo da Resistência à Tração Perpendicular

$$TP = \frac{P}{S} \quad (9)$$

Onde:

$TP$  - é a resistência à tração perpendicular, em MPa.

$P$  - é a carga na ruptura, em N.

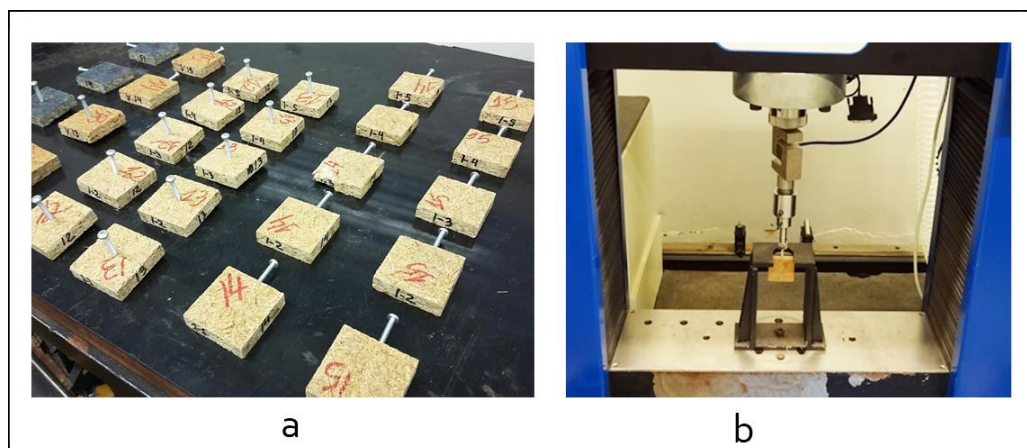
$S$  - é a área da superfície do corpo de prova, em mm<sup>2</sup>.

### 3.2.3.3 Determinação da Resistência ao Arrancamento de Parafuso de Topo e Superfície

Para a realização dos ensaios foram preparados dez corpos de prova para o arrancamento de topo e dez corpos de prova para o arrancamento de superfície com 50mm x 50mm, espessura de 1,27cm estabilizados em câmara climática até atingir a umidade de equilíbrio (Figura 09 a). As amostras após serem perfuradas com uma broca de  $2,7 \pm 0,1$ mm de diâmetro, com profundidade de  $15,0 \pm 0,5$ mm no ponto central da superfície e do topo dos corpos de prova, receberam os parafusos para

madeira número 10 com cabeça tipo panela de fenda com a medida de 4,2mm x 38mm de espessura e passo da rosca de 1,4mm fixados com o auxílio de guia. Para o ensaio o corpo de prova foi colocado na máquina universal de ensaio sendo este fixado em dispositivo tipo unha de martelo onde o conjunto recebe velocidade constante de 10mm/min (Figura 09 b).

Figura 09. Corpos de prova (a); ensaio da resistência ao arrancamento de parafuso (b).



Fonte: Autor

Para o ensaio acionaram-se o sistema de tração da Máquina Universal de Ensaio com velocidade de 10mm/min com os resultados expressos em Newtons, com exatidão de 0,1N.

#### 3.2.3.4 Determinação da Resistência à Tração Superficial

Para o ensaio na determinação à resistência superficial foram preparados dez corpos de prova com dimensões de 50mm x 50mm com o acréscimo de ranhura executada com o auxílio de serra copo e furadeira vertical de bancada. Esta ranhura em forma de círculo de  $35,7\text{mm} \pm 0,2$  de diâmetro com profundidade de 0,3mm a 1mm, determinada a partir do centro geométrico com o auxílio de uma régua. A área destinada para a fixação dos dez dispositivos em forma de discos com formato circular e diâmetro semelhante à ranhura, com a parte superior com uma saliência para o encaixe na máquina universal de ensaio. Os corpos de prova fixados com adesivo *Compound* permaneceram sob pressão pelo período de 24h atendendo as

especificações do fabricante para a cura do adesivo. Para calcular a resistência à tração superficial utiliza-se a equação 10:

Equação 10. Cálculo da Resistência à Tração Superficial

$$RS = \frac{L}{S} \quad (10)$$

Onde:

RS = resistência à tração superficial em Newtons por milímetros quadrado (N/mm<sup>2</sup>);

L = leitura do indicador de cargas da máquina universal em newtons (N);

S= área de rompimento do corpo-de-prova, equivalente a 1.000mm<sup>2</sup>.

### 3.2.4 METODOLOGIA PARA ANÁLISE DOS RESULTADOS ESTATÍSTICOS

Para as análises dos resultados foram utilizados, balança eletrônica, paquímetro, micrômetro e para os dados estatísticos nos testes físicos e mecânicos utilizou-se o software EXCEL (Microsoft versão Office 2010) para geração de máximas, médias, desvio padrão, mínimas, gráficos, com o teste Anova com confiabilidade mínima de 95% para se obter valores de P, F, F crítico e Variância, com o auxílio do teste de Tukey utilizando o software Minitab versão 16.1.1, demonstrando as diferenças significativas entre os grupos de painéis com um nível mínimo de confiança (Pimentel-Gomes, 2001).

### 3.2.5 PRODUÇÃO DOS PAINÉIS COM PARTÍCULAS ORIENTADAS DE BAMBU

A produção dos painéis foi definida a partir dos equipamentos e maquinários do Laboratório de Processamento da Madeira pertencente à Faculdade de Engenharia da UNESP do Campus de Bauru.

Para cada tratamento foram obtidos cinco painéis com as dimensões 32cm x 38cm x 1,27cm de espessura conforme o processo de fabricação (Figura 10) com a densidade alvo de 700kg/m<sup>3</sup> estruturados em cinco camadas, para a retirada dos corpos de prova e a avaliação dos ensaios físicos e mecânicos.

Figura 10. Processo de fabricação dos painéis 100% bambu natural.



Fonte: Autor

Foram produzidos painéis OSB de bambu com cinco traços, sendo eles: Traço 01: 100% bambu natural, Traço 02: bambu tingido com a planta *Bixa orellana* ou urucum, Traço 03: bambu com tingidor têxtil azul comercial, Traço 04: bambu com tratamento térmico a 180°C e Traço 05: bambu com tratamento térmico a 200°C.

O volume, a massa dos painéis e o percentual de adesivo (resina) foram definidos a partir da equação representada na Tabela 02.

Tabela 02- Dimensões e densidade para a fabricação dos painéis.

|                           |                                   |                   |
|---------------------------|-----------------------------------|-------------------|
| <b>Dimensão do Painel</b> | 38cm x 32cm x 1,27cm              |                   |
| <b>Densidade (alvo)</b>   | 700Kg/m <sup>3</sup>              | $D = \frac{m}{V}$ |
|                           |                                   | D= Densidade      |
|                           |                                   | m= Massa          |
|                           |                                   | V= Volume         |
| <b>Massa de Fibras</b>    | 38 x 32x 1,27cm x 0,7= 1081,02(g) |                   |
| <b>Resina</b>             | 14%                               |                   |

Fonte: Autor

No processo de fabricação dos painéis OSB com partículas finas foram realizadas as etapas de colheita de bambu, tratamento prévio, geração das partículas, seleção e secagem das partículas, tingimento e tratamento térmico das partículas, pesagem das partículas e do adesivo, mistura e aplicação do adesivo, prensagem e esquadreamento por meio do refilo dos painéis para a retirada dos corpos de prova.

#### 3.2.5.1 Colheita do Bambu

O bambu, matéria prima básica na fabricação dos painéis foi obtido no plantio localizado na área agrícola da UNESP- FEB onde são pesquisadas e cultivadas várias espécies a partir da área plantada estimada em 2 hectares.

A colheita foi realizada com o auxílio de moto serra (Figura 11) para agilizar e melhorar o rendimento na área agrícola com a escolha dos colmos definidos a partir da idade mínima de seis anos de cultivo por conta das suas características mecânicas. Os colmos foram desganhados com serrote para poda e cortados transversalmente em peças com 80 a 90cm de comprimento com as medidas definidas a partir do tamanho dos tanques destinados para o tratamento como proteção inicial contra insetos xilófagos.

Figura 11. Moto serra utilizada para a colheita e os colmos de bambu.



Fonte: Autor

A etapa de colheita, tratamento prévio dos colmos, processamento das peças no formato de sarrafos para a geração das partículas foram realizadas próximo da área de manejo. Essas etapas foram definidas para diminuir os custos da produção com o beneficiamento da matéria-prima, contribuindo com a diminuição dos custos e as operações de transporte de matéria prima para o local da fabricação dos produtos, essencial para a etapa de pré-produção na aquisição dos recursos.

#### 3.2.5.2 Tratamento dos Colmos

Para o tratamento de colmos de bambu, Ramos (2014) utilizou solução preservativa contra o ataque de insetos xilófagos e fungos em tanque com solução de Octaborato de Sódio, na proporção de 8% a 10% para cada medida de massa de água, por um período de 15min, com a secagem das peças ao ar até atingirem o teor de umidade de equilíbrio. Como os colmos foram processados posteriormente optou-se por um tratamento mais superficial capaz de proteger o bambu durante o período necessário até a geração das partículas.

Neste caso os colmos foram submetidos ao tratamento por imersão em tanques, Figura 12, com a solução de Octaborato de Sódio na proporção 10% de pó para 100l de água, com a secagem realizada ao ar até atingirem a umidade de equilíbrio.

Figura 12. Tanques para o tratamento dos colmos.



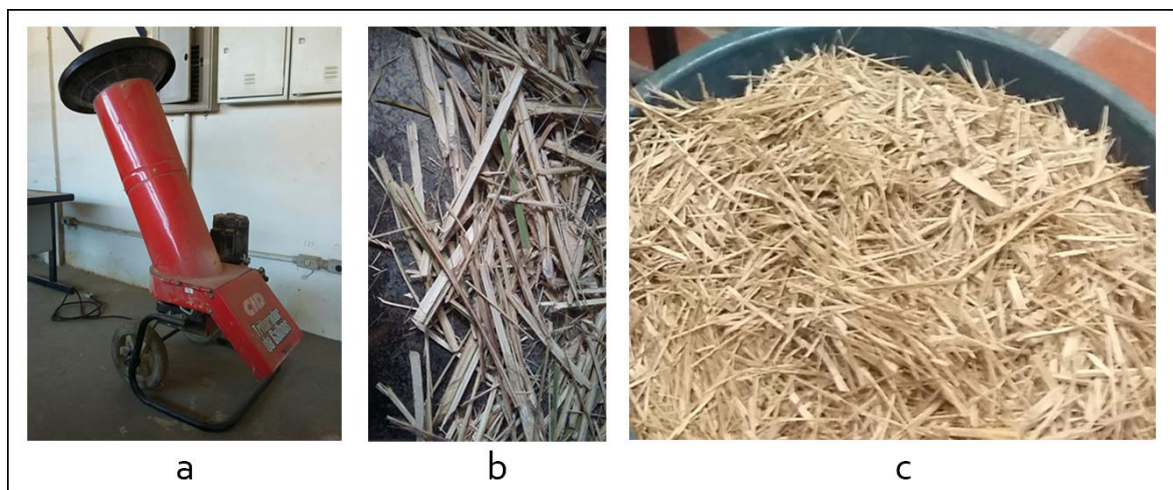
Fonte: Autor

### 3.2.5.3 Geração das Partículas

Para a geração das partículas foi necessário diminuir na serra circular o tamanho dos colmos com seccionamentos transversal e longitudinal nas peças de 90cm para aproximadamente 20cm, facilitando o processamento dos sarrafos no triturador de galhos (Figura 13 a), para a obtenção das partículas.

As peças foram processadas três vezes no triturador diminuindo o tamanho das partículas consolidando uma geometria aparentemente irregular, porém com as características de “estilas” finas e compridas, com a padronização realizada posteriormente na etapa seguinte com o perfil granulométrico a partir do uso da peneira vibratória (figuras 13 b e c).

Figura 13. Triturador de galhos utilizados na geração das partículas.



Fonte: Autor

#### 3.2.5.4 Seleção e Secagem das Partículas

Com a utilização de peneira vibratória (Figura 14), as partículas foram classificadas referente ao tamanho ideal para a produção dos painéis com a separação do pó de serra e fibras residuais, e as partículas maiores que foram separadas na maior peneira, foram reaproveitadas e destinadas para a obtenção de outras partículas na mesma linha de produção.

A seleção ocorreu utilizando peneiras com malhas e o conjunto com o motor, para diminuir o percentual de resíduo e consequentemente aumentar a produtividade da matéria prima básica dos painéis. As duas camadas externas superficiais foram definidas com partículas de bambu obtidas a partir da peneira 16 *mesh* (18mm) e as camadas internas compostas por partículas de bambu com peneira de 40 *mesh* (12,7mm).

Figura 14. Peneira Vibratória para a seleção das partículas.



Fonte: Autor

Na Tabela 03 são apresentadas as porcentagens, a quantidade de partículas do tipo estilas de bambu em gramas e a medida das peneiras que foram utilizadas para a seleção da matéria-prima para a utilização na produção dos painéis.

Tabela 03- Esquema da distribuição das partículas nas camadas do painel, peso e granulometria

| CAMADAS               | % MATÉRIA-PRIMA- PESO | PENEIRA               |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| <b>Camada externa</b> | 100% bambu (105g)     | 18mm- ABNT (16mesh)   |
| <b>Camada interna</b> | 100% bambu (290g)     | 12,7mm– ABNT (40mesh) |
| <b>Camada interna</b> | 100% bambu (290g)     | 12,7mm– ABNT (40mesh) |
| <b>Camada interna</b> | 100% bambu (290g)     | 12,7mm– ABNT (40mesh) |
| <b>Camada externa</b> | 100% bambu (105g)     | 18mm- ABNT (16mesh)   |

Fonte: Autor

A secagem foi realizada em estufa de secagem com circulação de ar (Figura 15) a 70°C no período de 72h com as partículas posicionadas e espalhadas manualmente mantendo a uniformidade na espessura das camadas nas bandejas metálicas destinadas a secagem.

Figura 15. Estufa climatizada.

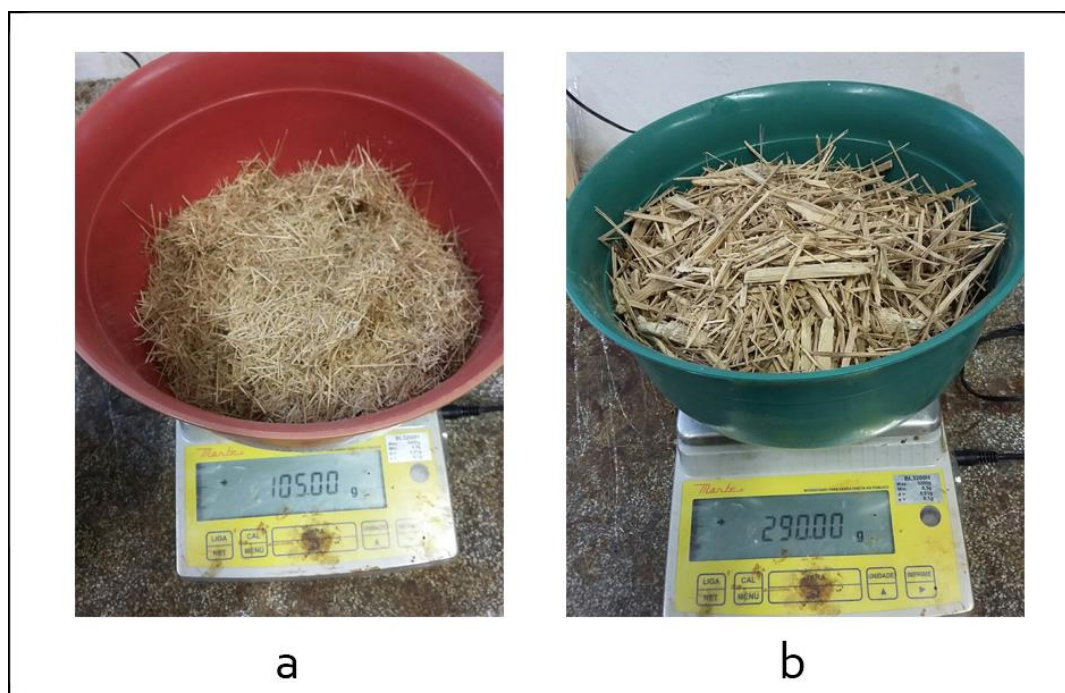


Fonte: Autor

### 3.2.5.5 Pesagem das Partículas e Adesivo

Para a confecção dos painéis realizou-se o preparo do adesivo com as dosagens utilizadas como base o peso seco das partículas (Figura 16), utilizando 14% de adesivo bicomponente à base de mamona nas cinco camadas internas e externas.

Figura 16. Balança Eletrônica com o peso das partículas das camadas externas (a); peso das partículas das camadas internas (b).



Fonte: Autor

Posteriormente, as partículas foram pesadas e acondicionadas em recipientes com as quantidades necessárias para a mistura com o adesivo nas cinco camadas. A quantidade de adesivo foi definida a partir da massa do painel considerando as camadas internas e externas.

A mistura na proporção 1:1, representou 50% do componente (A) pré-polímero com 7,35g e 50% do componente (B) Poliól com 7,35g para as camadas externas. Para as camadas internas 50% componente (A) pré-polímero com 20,30g e 50% do componente (B) Poliól com 20,30g, conforme a Tabela 04.

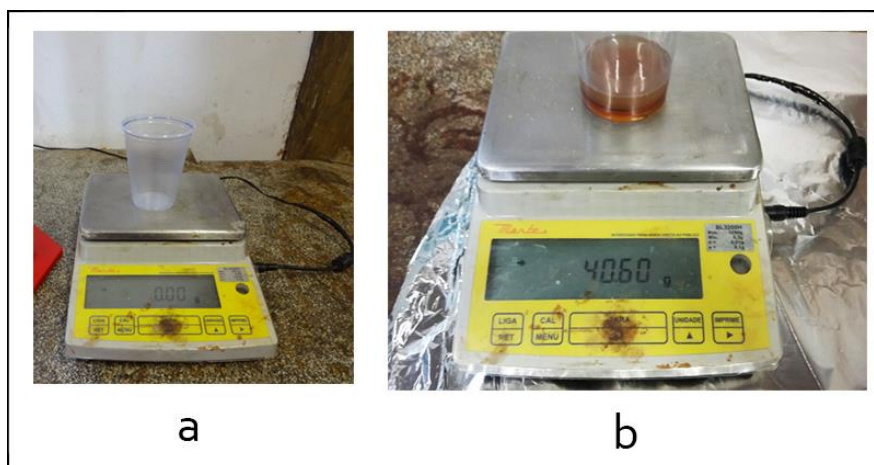
Tabela 04- Quantidade de adesivo para cada camada do painel

| <b>CAMADAS</b>        | <b>ADESIVO (A)<br/>Pré-polímero</b> | <b>ADESIVO (B)<br/>Poliól</b> |
|-----------------------|-------------------------------------|-------------------------------|
| <b>Camada externa</b> | 1 parte: 7,35g                      | 1 parte: 7,35g                |
| <b>Camada interna</b> | 1 parte: 20,30g                     | 1 parte: 20,30g               |
| <b>Camada interna</b> | 1 parte: 20,30g                     | 1 parte: 20,30g               |
| <b>Camada interna</b> | 1 parte: 20,30g                     | 1 parte: 20,30g               |
| <b>Camada externa</b> | 1 parte: 7,35g                      | 1 parte: 7,35g                |

Fonte: Autor

Com a mistura dos componentes A e B a resina inicialmente obteve aparência de cor caramelo resultando posteriormente na cristalização a partir do processo de prensagem a quente e cura total.

Figura 17. Balança eletrônica (a); pesagem do adesivo componente A em função da proporção e percentual de resina (b).



Fonte: Autor

### 3.2.5.6 Mistura e Aplicação do Adesivo

O processo para a etapa de mistura das partículas com o adesivo à base de mamona foi realizado com o auxílio de material de proteção individual em recipientes individuais para as cinco camadas de cada painel:

- o primeiro e o quinto recipiente contendo somente partículas de bambu das camadas externas, totalizando 105g de partículas, e a quantidade de 14,70g de adesivo homogeneizados;

- o segundo, terceiro e o quarto recipiente, contendo somente partículas de bambu das camadas internas, totalizando 290g de partículas, e a quantidade de 40,60g de adesivo homogeneizados.

O adesivo foi adicionado às partículas e misturado manualmente de forma homogênea por um período máximo de 5min desfazendo as formações dos “grumos” (concentrações de adesivo na mistura) conforme estudos de (DINHANE, 2014).

Figura 18. Recipiente para a mistura das partículas com o adesivo.

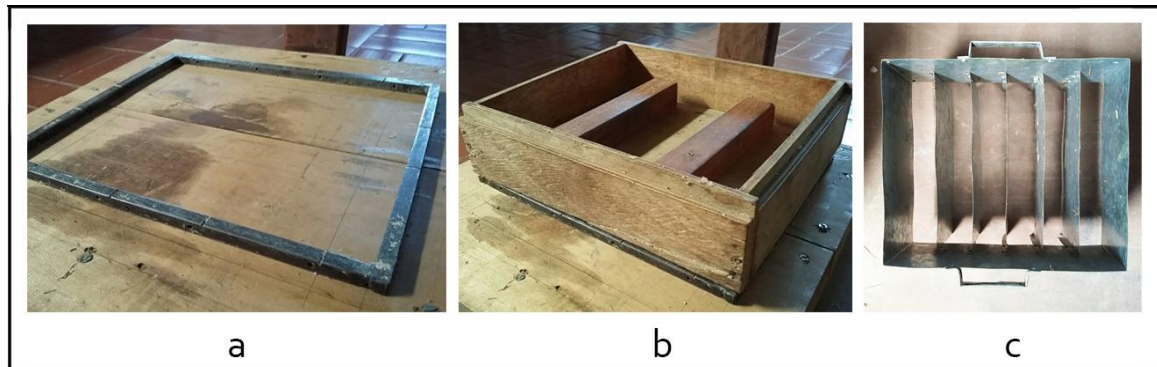


Fonte: Autor

#### 3.2.5.7 Prensagem dos Painéis

Após a mistura e a aplicação do adesivo ocorreu a formação do colchão de partículas com as camadas distribuídas em uma forma com dimensões de 32cm x 38cm. Na parte inferior foi posicionada uma placa de aço inoxidável protegida com cera de carnaúba para as partículas não impregnarem na base durante a prensagem (Figura 19 a). As partículas foram dispostas no interior da forma de madeira (Figura 19 b) apoiada no aro limitador com as dimensões programadas para a largura, comprimento e altura do painel final e espalhadas manualmente de maneira uniforme em cinco camadas, duas externas com aplicação aleatória e 3 internas dispostas perpendicularmente entre si, utilizando grelha orientadora de partículas (Figura 19 c).

Figura 19. Formação do painel através dos dispositivos: forma vazada de madeira, aro metálico e grelha orientadora de partículas.

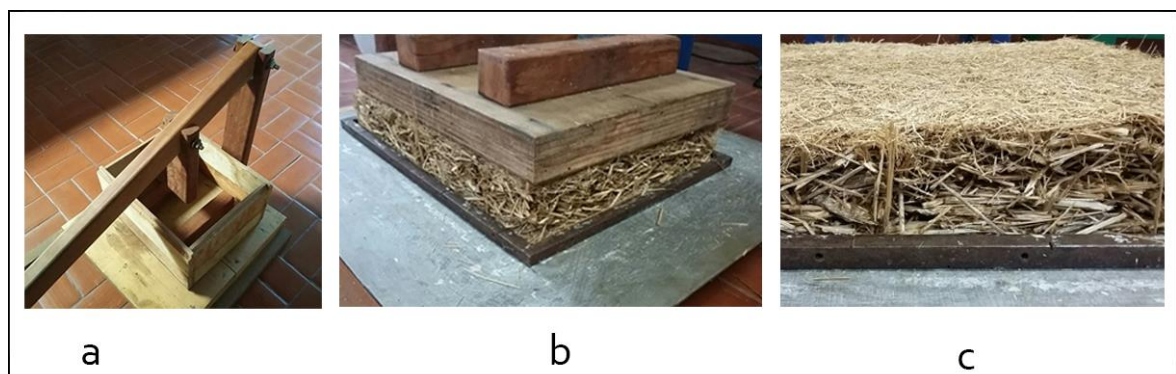


Fonte: Autor

Nas camadas superficiais, a distribuição foi definida principalmente pela dimensão e formato das partículas e as três camadas internas (miolo) alinhadas no sentido paralelo ao comprimento do painel, com a camada central, perpendicular às duas camadas externas para aumentar a resistência do painel.

Na sequência, foi realizada uma prensagem prévia conforme os experimentos de Bueno (2014), com o auxílio de uma placa de madeira com as dimensões internas da forma, com a aplicação de força através de uma alavanca com aproximadamente 350kg (Figura 20 a). A força na haste da alavanca foi mantida por alguns minutos para a estabilização do colchão, reduzindo os espaços vazios entre as partículas (Figura 20 b e c) e conseqüentemente a diminuição da quantidade de ar no interior das camadas, facilitando a sequência para a prensagem final com o auxílio da prensa a quente.

Figura 20. Dispositivo para prensagem e a compactação prévia do colchão de partículas.



Fonte: Autor

Após a realização da prensagem prévia e a retirada da forma de madeira, outra placa de aço inox foi apoiada sobre o colchão de partículas, com o uso de desmoldante do tipo cera de carnaúba, facilitando a separação posterior do painel, formando o conjunto com duas chapas metálicas e cinco camadas de partículas. O colchão de partículas foi direcionado para a compactação final realizada em prensa hidráulica (Figura 21) com sistema de aquecimento a temperatura de 110°C, durante 10min na pressão específica de 190kgf/cm<sup>2</sup>.

Figura 21. Prensa hidráulica a quente.



Fonte: Autor

Após a prensagem, o painel foi retirado da prensa, desmoldado utilizando uma espátula metálica e acondicionado em câmara climática durante 72h para a etapa de obtenção dos corpos de prova.

#### 3.2.5.8 Esquadreamento e Refilo dos Painéis

Em uma serra esquadrejadeira os painéis foram refilados, esquadrejados e posteriormente seccionados nos formatos e dimensões relativos aos corpos de prova para os ensaios físicos e mecânicos.

Figura 22. Serra circular esquadrejadeira.



Fonte: Autor

Para os painéis com tingimento e tratamento térmico como solução para a obtenção de colorações foram utilizados dois processos conforme os itens 4.1.9 e 4.1.10, propondo a partir dos objetivos específicos ampliar as possibilidades de aplicação desses materiais em produtos para ambientes internos em condições secas.

#### 3.2.5.9 Processo de Coloração através do Tingimento das Partículas

No processo de fabricação dos painéis Traço 02 e 03, com o tingidor *Bixa orellana* e o corante têxtil azul foram utilizadas todas as etapas da produção do painel com 100% bambu natural, com o acréscimo da etapa de coloração das partículas antes da conformação e prensagem do painel.

Para essa etapa do tingimento das partículas foram utilizados um pigmento natural extraído da planta *Bixa orellana* (Figura 23), e um corante têxtil, classificado como direto, utilizado para o tingimento de fibras naturais, de cor azul marinho fabricado e comercializado pela empresa Guarany, conforme ANEXO 02.

Na extração do pigmento da *Bixa orellana* (urucum) foram colhidos os cachos que contém os grãos, debulhados e acondicionados em bandeja metálica para a secagem natural durante uma semana. Para a extração do pigmento, as sementes foram trituradas em moedor de facas elétrico, com a aferição do peso em balança digital para a proporção correta em relação a quantidade de fibras. O material foi acondicionado em frascos de plástico para o uso no processo de tingimento.

Figura 23. Sementes e pó de urucum (a); Pesagem do pigmento em pó (b).

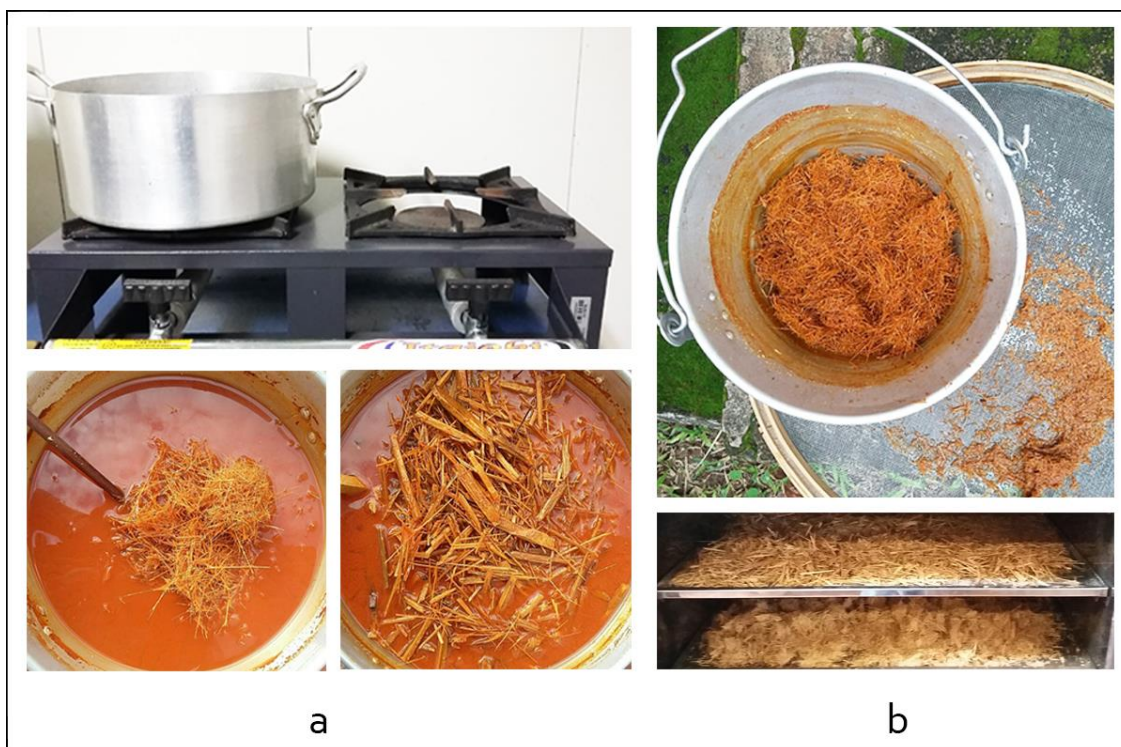


Fonte: Autor

Para o tingimento foram utilizados um fogão industrial a gás (Figura 24), recipientes em alumínio para a fervura, peneira para a retirada imediata da água para a secagem prévia e com o auxílio de bandejas metálicas para a utilização da estufa para a secagem final.

Diferentemente do painel com traço 01, as partículas para os painéis com coloração passaram novamente pelo processo de secagem em estufa por 72h na temperatura de 100°C.

Figura 24. Processo de tingimento das partículas.



Fonte: Autor

No caso do tingimento com o corante têxtil azul, o produto em forma de pó, foi utilizado com o mesmo processo (Tabela 05) do tingimento do pigmento natural. Para a produção e a sua utilização foi avaliado a ficha de especificações do produto (ANEXO 02), onde não apresentam nenhuma característica química que compromete a saúde pelo usuário na manipulação do produto, corroborando com umas das propostas deste estudo considerando os cuidados com o homem e a mínima interferência ao meio ambiente.

Para o tingimento com pigmento e corante para fibras da camada interna do painel foram determinados 1kg de partículas de bambu, 10% de corante ou pigmento em 10 litros de água, durante 1h após o estado de ebulição, repetindo o processo com a proporção adequada referente a massa e o volume líquido.

Tabela 05- Proporção dos materiais utilizados no tingimento das partículas

| Tingimento das partículas                          | Tingidores                                  |                                            |                                             |                                            |
|----------------------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------|
|                                                    | <i>Pigmento natural: Bixa orellana</i>      |                                            | Corante têxtil azul: marca Guarany          |                                            |
|                                                    | Partículas:<br>granulometria<br>½pol. -ABNT | Partículas:<br>granulometria<br>18mm -ABNT | Partículas:<br>granulometria<br>½pol. -ABNT | Partículas:<br>granulometria<br>18mm -ABNT |
| <b>Quantidade das partículas (g)</b>               | 1000                                        | 300                                        | 1000                                        | 300                                        |
| <b>Quantidade do corante ou pigmento em pó (g)</b> | <b>100</b>                                  | <b>30</b>                                  | 100                                         | <b>30</b>                                  |
| <b>Água (Litros)</b>                               | <b>10</b>                                   | <b>03</b>                                  | 10                                          | <b>03</b>                                  |
| <b>Tempo após ebulição</b>                         | 1h                                          |                                            | 1h                                          |                                            |

Fonte: Autor

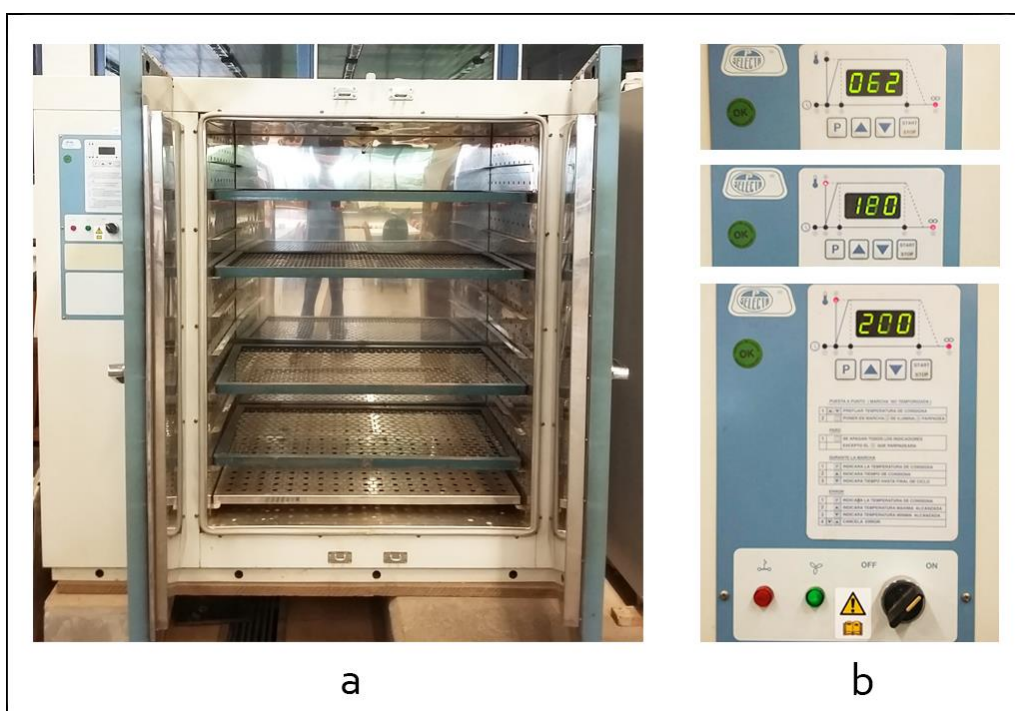
Para finalizar o processo de tingimento foi utilizado como mordente, para a fixação e durabilidade das cores, sal marinho (ANEXO 03) composto de sal refinado extra, iodato de potássio, antiumectantes e ferrocianeto de sódio e dióxido de silício, na proporção de (20g) para 20 litros de água, e ainda a secagem das partículas durante 72h em estufa climatizada na temperatura de 100°C.

### 3.2.5.10 Processo de Coloração das Partículas com Tratamento Térmico

No processo com tratamento térmico foi utilizada estufa climatizada com circulação de ar e o apoio das bandejas de metal (Figura 25). As partículas foram espalhadas manualmente mantendo uma altura média de 3 a 4cm para a distribuição não afetar a homogeneidade e a qualidade da cor entre as partículas finas.

A estufa foi acionada com as bandejas já posicionadas com o volume da matéria prima considerando o tempo de aquecimento da estufa e o acréscimo de 1h para o tratamento térmico em 180°C e 200°C.

Figura 25. Estufa climatizada (a); Painel eletrônico para o controle da temperatura (b).



Fonte: Autor

As temperaturas nos relógios demonstram o acréscimo de temperatura a partir do acionamento da estufa e a estabilidade das temperaturas em 180°C e 200°C programadas para os dois traços, com o processo realizado separadamente considerando o mesmo volume e massa de matéria prima.

Até o início do processo de tratamento térmico para 180°C e 200°C, foi necessário estabilizar a temperatura da estufa e posteriormente acionar a contagem do tempo considerando 1h como demonstrado na Tabela 06.

Tabela 06- Esquema do processo para o tratamento térmico das partículas a 180°C e 200°C

| Tratamento Térmico                   | 180°     | 200°     |
|--------------------------------------|----------|----------|
| Etapas                               | tempo    |          |
| <b>Regulagem/ temperatura</b>        | 9h35min  | 9h42min  |
| <b>Estabilizou em 100°C</b>          | 9h53min  | 10h00min |
| <b>Regulagem a 180°C</b>             | 9h54min  | 10h01min |
| <b>Estabilizou em 180°C</b>          | 10h24min | 10h33min |
| <b>Interrupção do ciclo</b>          | 11h24min | 11h33min |
| <b>Retirada temperatura ambiente</b> | 17h24min | 17h33min |

Fonte: Autor

No tratamento térmico das partículas para a obtenção da cor para os dois tratamentos de 180°C e 200°C (Figura 26), os materiais apresentaram uniformidade e homogeneidade e diferença no aspecto cromático, observados a olho nu, mesmo com a variação de temperatura na faixa de 20°C.

Figura 26. Partículas com tratamento térmico a 180°C e 200°C.

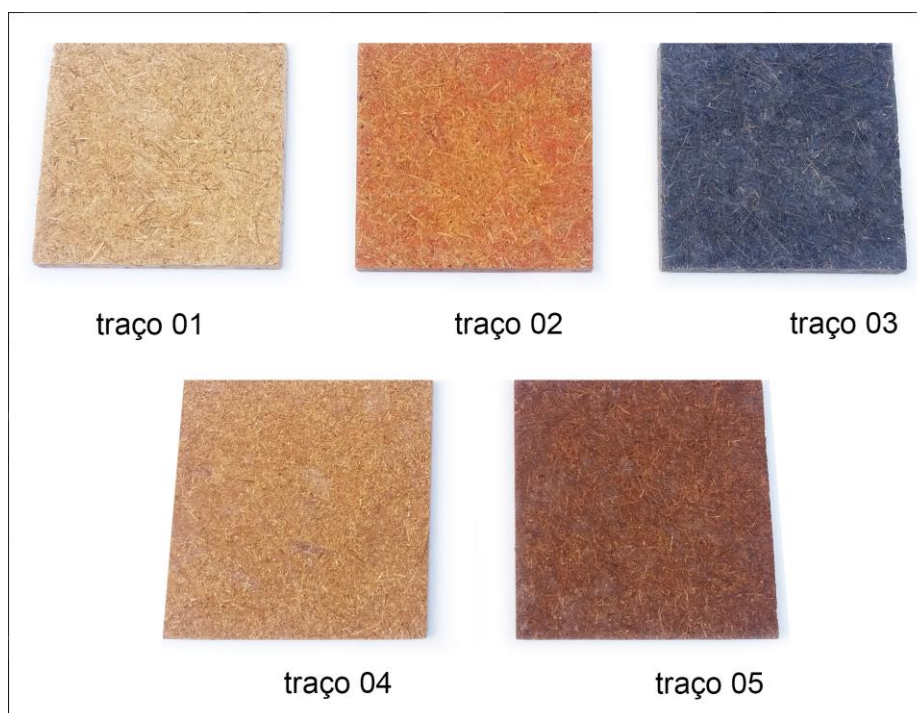


Fonte: Autor

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os itens 4.1.1, 4.1.2, 4.1.3 descrevem os resultados e as análises dos valores determinados através dos ensaios físicos para os cinco traços (Figura 27) na determinação da densidade, umidade, inchamento em espessura após 24h e absorção de água em 24h e os tópicos 4.2.1, 4.2.2, 4.2.3 e 4.2.4 descrevem os resultados e as análises dos valores através dos ensaios mecânicos do painel 100% bambu natural (traço 01) respectivamente para a determinação da resistência à flexão estática e o módulo de módulo de elasticidade, resistência a tração perpendicular resistência ao arrancamento de parafuso de topo e superfície e tração superficial.

Figura 27. Chapas de OSB prensadas com os cinco tratamentos para a retirada dos corpos-de-prova.



Fonte: Autor

### 4.1 ENSAIOS FÍSICOS

#### 4.1.1 DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE

Para a determinação da densidade foi definido como alvo  $700\text{Kg/m}^3$  para todos os cinco traços e na Tabela 07 estão apresentados os resultados com as médias e desvio padrão.

Tabela 07- Resultados para a determinação da densidade para os cinco traços com 100% bambu natural, com tingimentos e tratamento térmico.

| <b>DENSIDADE</b>                  |              | <b>100%</b>    | <b>100%bambu</b>           | <b>100%bambu</b>      | <b>100%bambu</b>  | <b>100%bambu</b>  |
|-----------------------------------|--------------|----------------|----------------------------|-----------------------|-------------------|-------------------|
| <b>700kg/m<sup>3</sup> (alvo)</b> |              | <b>bambu</b>   | <b>tintura <i>Bixa</i></b> | <b>tintura têxtil</b> | <b>T. Térmico</b> | <b>T. Térmico</b> |
| <b>±7%</b>                        |              | <b>natural</b> | <b><i>orellana</i></b>     | <b>azul</b>           | <b>a 180°C</b>    | <b>a 200°C</b>    |
| <b>traços</b>                     |              | <b>T1</b>      | <b>T2</b>                  | <b>T3</b>             | <b>T4</b>         | <b>T5</b>         |
| <b>Valores</b>                    | <b>Média</b> | <b>773,31</b>  | <b>768,23</b>              | <b>746,23</b>         | <b>760,13</b>     | <b>697,39</b>     |
|                                   | Desvio       | 38,16          | 73,37                      | 56,77                 | 84,33             | 37,38             |
|                                   | Padrão       |                |                            |                       |                   |                   |
| <b>Grupos</b>                     |              | <b>A</b>       | <b>A</b>                   | <b>A</b>              | <b>A</b>          | <b>A</b>          |

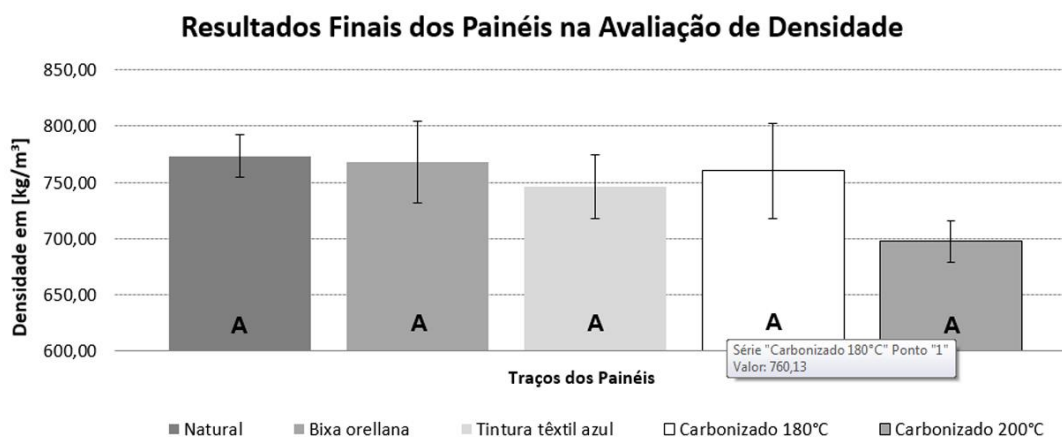
Fonte: Autor

A NBR 14.810-2 (2013) descreve uma variação de  $\pm 7\%$  a partir da densidade alvo para painéis particulados de uso não estrutural em ambientes secos. Para a comparação dos dados, a norma ANSI A208.1 (1999) relata a faixa de valores para um painel OSB entre 640Kg/m<sup>3</sup> e 800Kg/m<sup>3</sup>. Maulana *et al.* (2017) obtiveram para os painéis com duas espécies de bambu as densidades variando entre 700 e 730Kg/m<sup>3</sup>, e Miskalo (2009) valores maiores do que 700Kg/m<sup>3</sup> classificados como OSB/3 segundo a norma para painéis com fins estruturais utilizadas em ambiente úmido.

Os valores obtidos neste trabalho para os cinco traços se enquadram dentro ou acima da faixa de 700kg/m<sup>3</sup> possibilitando dependendo do caso, a sua indicação também para fins estruturais em áreas úmidas. Observados os valores médios e a variação percentual, o traço 05 obteve a menor média na densidade, por conta do processo para o tratamento térmico por meio da exposição das partículas em temperatura mais elevada, contribuindo para a diminuição da umidade e consequentemente a perda da densidade e resistência das partículas.

O traço 01 resultou na maior média, assim os valores médios (Grupo A) de todos os traços se enquadraram na densidade alvo definida para este trabalho. Na Figura 28 estão apresentados graficamente os resultados médios e respectivos desvios padrões.

Figura 28. Gráfico com o cálculo para a densidade.



Fonte: Autor

#### 4.1.2 DETERMINAÇÃO DO TEOR DE UMIDADE

Nos resultados para o teor de umidade demonstrado na Tabela 08, todos os painéis apresentaram valores dentro da faixa de 5 a 13% estabelecido pela norma da ABNT. Para o traço T2 e T3, as partículas foram submetidas duas vezes no processo de secagem, anteriormente e posteriormente ao tingimento.

Tabela 08- Resultados para a determinação do teor de umidade para os cinco traços com 100% bambu natural, com tingimento e tratamento térmico

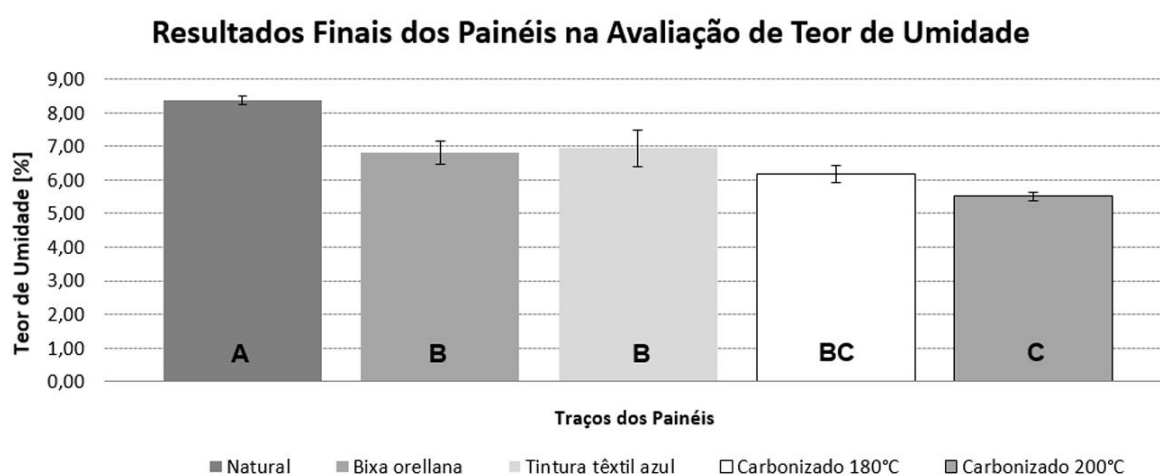
| TEOR DE UMIDADE |               | 100% bambu    | 100%bambu                    | 100%bambu           | 100%bambu          | 100%bambu          |
|-----------------|---------------|---------------|------------------------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| 05 a 13%        |               | bambu natural | tintura <i>Bixa orellana</i> | tintura têxtil azul | T. Térmico a 180°C | T. Térmico a 200°C |
| Traços          |               | T1            | T2                           | T3                  | T4                 | T5                 |
| Valores         | Média         | 8,38          | 6,81                         | 6,95                | 6,18               | 5,51               |
|                 | Desvio Padrão | 0,26          | 0,67                         | 1,09                | 0,48               | 0,25               |
| Grupos          |               | A             | B                            | B                   | B e C              | C                  |

Fonte: Autor

Em relação a comparação entre grupos definidos a partir do cálculo estatístico, o painel traço 01 (A) obteve o maior percentual de teor de umidade, diferentemente dos outros traços que foram submetidos ao tingimento e consequentemente a repetição no processo de secagem, e no caso do tratamento térmico por conta da

exposição em temperaturas mais elevadas, demonstrados na Figura 29. Os painéis com tingimento e com tratamento térmico a 180°C e 200°C (Grupos B e C) apresentaram as menores porcentagens, porém, dentro da faixa normativa e abaixo dos valores de Maulana *et al.* (2017) que obtiveram nos seus estudos a variação entre 9,38% e 10,38% para o teor de umidade.

Figura 29- Gráfico com os resultados para o teor de umidade.



O traço 05 (Grupo C) apresentou o menor valor por conta do tempo de exposição em estufa para a secagem e tratamento térmico ocasionando a diminuição da umidade.

#### 4.1.3 DETERMINAÇÃO DO INCHAMENTO DURANTE 24h

Os resultados para os valores obtidos na determinação do inchamento em espessura durante 24h com as média e desvios padrões estão apresentados na Tabela 09.

Tabela 09- Resultados para a determinação do inchamento durante 24h para os cinco traços com 100% bamboo natural, com tingimento e tratamento térmico

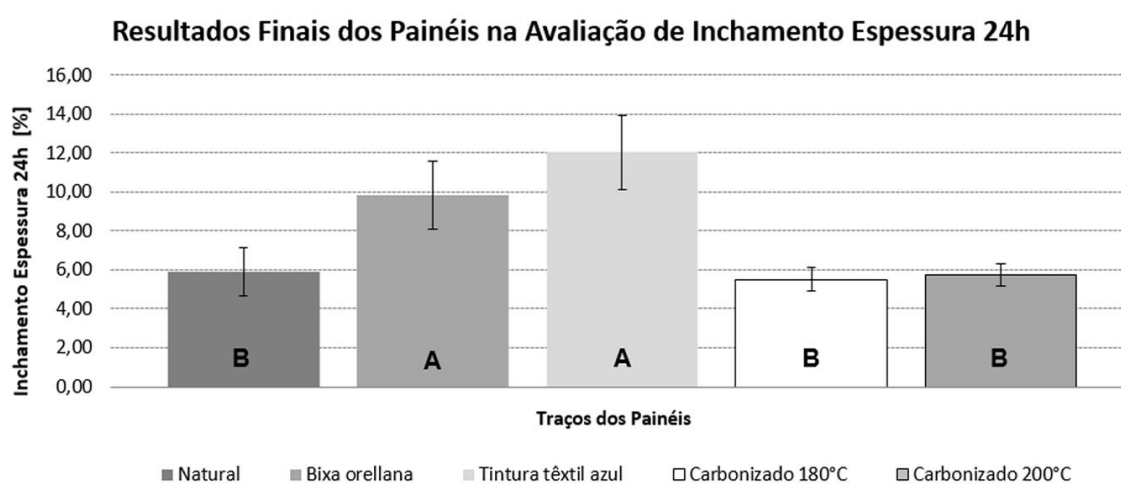
| INCHAMENTO     |                  | 100%    | 100%bambu           | 100%bambu      | 100%bambu  | 100%bambu  |
|----------------|------------------|---------|---------------------|----------------|------------|------------|
| ESPESSURA: 24h |                  | bambu   | tintura <i>Bixa</i> | tintura têxtil | T. Térmico | T. Térmico |
| até 18%        |                  | natural | <i>orellana</i>     | azul           | a 180°C    | a 200°C    |
| Traços         |                  | T1      | T2                  | T3             | T4         | T5         |
| Valores        | Média            | 5,87    | 9,82                | 12,02          | 5,50       | 5,74       |
|                | Desvio<br>Padrão | 2,49    | 3,50                | 3,78           | 1,23       | 1,09       |
| Grupos         |                  | B       | A                   | A              | B          | B          |

Fonte: Autor

A NBR 14.810-2 (2013) apresenta o valor até 18% para o inchamento em espessura durante 24h para um painel de uso não estrutural em ambientes secos.

Nos resultados estatísticos para o inchamento em espessura durante 24h os traços 01, 04 e 05 (grupos B) apresentaram semelhança com os menores valores entre os cinco tipos de painéis, apresentados na Figura 30.

Figura 30- Gráfico com os resultados do inchamento durante 24 horas.



Fonte: Autor

Esses percentuais se apresentaram por conta que as partículas dos traços 01, 04 e 05 foram submetidas somente ao processo de secagem em estufa e não pelo processo de tingimento com o uso de água em ebulição. No caso dos painéis com

tratamento térmico as partículas foram novamente submetidas à secagem, permanecendo por 72h em temperaturas mais elevadas diminuindo a porcentagem de umidade.

Os traços com tingimento (A) obtiveram valores acima, entretanto, com resultados satisfatórios conforme a ABNT para ambientes úmidos com 17%, confirmados por Papadopoulos *et al.*, 2004, que utilizaram lascas de bambu como matéria-prima alternativa para fabricar placas do tipo P3 com baixo percentual de resina e o uso em áreas úmidas. Comparando com a ABNT, os resultados atenderam para painéis não estruturais em áreas secas e estruturais para áreas secas e em condições severas de carga com 16%. Assim, dos cinco traços, somente o traço 03 não atende os requisitos para painéis P5 e P7, com características estruturais úmidas e com condições severas de cargas em áreas, respectivamente.

#### 4.1.4 DETERMINAÇÃO DA ABSORÇÃO DE ÁGUA DURANTE 24h

Os resultados na determinação para a absorção de água durante 24h estão apresentados na Tabela 10.

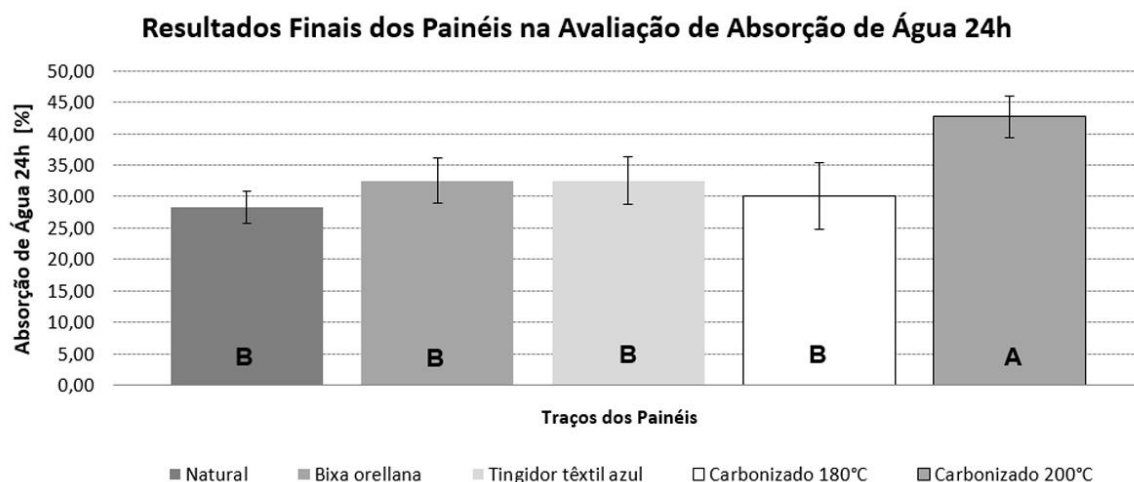
Tabela 10- Resultados para os testes de absorção de água durante 24h para os cinco traços com 100% bamboo natural, com tingimentos e tratamento térmico

| ABSORÇÃO DE<br>ÁGUA: 24h |                  | 100%<br>bambu<br>natural | 100%bambu<br>tintura <i>Bixa</i><br><i>orellana</i> | 100%bambu<br>tintura têxtil<br>azul | 100%bambu<br>T. Térmico<br>a 180°C | 100% bambu<br>T. Térmico<br>a 200°C |
|--------------------------|------------------|--------------------------|-----------------------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| Traços                   |                  | T1                       | T2                                                  | T3                                  | T4                                 | T5                                  |
| Valores                  | Média            | 28,31                    | 32,53                                               | 32,51                               | 30,04                              | 42,70                               |
|                          | Desvio<br>Padrão | 5,26                     | 7,04                                                | 7,52                                | 10,59                              | 6,63                                |
| Grupos                   |                  | B                        | B                                                   | B                                   | B                                  | A                                   |

Fonte: Autor

A norma NBR 14.810-2 (2013), não especifica valores de absorção de água durante 24h e na comparação entre os traços (Figura 31), utilizando os grupos como dados estatísticos, a maioria dos painéis (grupo B) apresentaram valores médios para a absorção de água entre 28,31 e 32,53%, e o traço 05 a 200°C com 42,70% (grupo A).

Figura 31. Gráfico da absorção de água durante 24h.



A absorção de água mais elevada do traço 05 pode ter ocorrido pelo fato dos outros painéis não serem submetidos pelo tratamento térmico para a secagem e alteração de cor por exposição à temperatura, diminuindo consequentemente a densidade e possivelmente aumentando a capacidade de absorção de água. O traço 01 apresentou a menor absorção de água e um dos traços com menor inchamento em 24h.

## 4.2 CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA DO PAINEL OSB 100% BAMBU NATURAL (TRAÇO 01)

### 4.2.1 DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À FLEXÃO ESTÁTICA E MÓDULO DE ELASTICIDADE

Os resultados com as médias e respectivos desvios padrões para o painel 100% bambu natural (traço 01) nos ensaios de determinação da resistência à flexão estática e módulo de elasticidade (MOE) estão apresentados na Tabela 11.

Tabela 11- Resistência à flexão estática (MOR) e (MOE) com os valores mínimos, médios, máximo e os respectivos desvios padrões para o traço 01

| Flexão Estática | MOE (N/mm <sup>2</sup> ) | MOR (N/mm <sup>2</sup> ) |
|-----------------|--------------------------|--------------------------|
| <b>Traço 01</b> |                          |                          |
| Norma ABNT      | 1800N/mm <sup>2</sup>    | 11N/mm <sup>2</sup>      |
| Máximo          | 3845,00                  | 28,85                    |
| <b>Média</b>    | <b>2731,00</b>           | <b>18,78</b>             |
| Mínimo          | 1402,00                  | 9,99                     |
| Desvio Padrão   | 811,60                   | 6,52                     |

Fonte: Autor

A norma da ABNT define 1800N/mm<sup>2</sup> para o módulo de elasticidade e 11N/mm<sup>2</sup> para o módulo de ruptura para um painel de uso não estrutural em ambientes secos, assim, os resultados das amostras do traço 01 atenderam a norma brasileira com a média de 2731,00N/mm<sup>2</sup> e 18,78N/mm<sup>2</sup> respectivamente, superando em 30% a performance para o MOE e MOR. Para efeito de comparação, nos estudos de Papadopoulos *et al.* (2004) para o módulo de ruptura (MOR) obtiveram resultados para placas do tipo P2 e P3, acima de 15N/mm<sup>2</sup>. Nos dados obtidos para as dez amostras para o MOE e MOR (APÊNDICE 01) obtiveram valores médios acima do recomendado também para painéis não estruturais para áreas úmidas e painéis estruturais para condições secas e úmidas.

#### 4.2.2 DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À TRAÇÃO PERPENDICULAR

Na determinação da resistência à tração perpendicular os resultados estão expressos com os valores médios, mínimo e o desvio padrão conforme a Tabela 12. A máquina de ensaio foi preparada para a ruptura do corpo de prova ocorrer no intervalo de (60 ± 30s) após o início do ensaio.

Tabela 12- Resistência à tração perpendicular com os valores mínimo, médio, máximo e desvio padrão para o traço 01

| Painel          | Tração Perpendicular  |
|-----------------|-----------------------|
| <b>Traço 01</b> |                       |
| Norma ABNT      | 0.40N/mm <sup>2</sup> |
| Máximo          | 1,565                 |
| <b>Média</b>    | <b>1,239</b>          |
| Mínimo          | 0,904                 |
| Desvio Padrão   | 0,247                 |

Fonte: Autor

Segundo a NBR 14.810-2 (2013), o valor mínimo para o ensaio de tração perpendicular é de 0,40MPa para painéis P2, não estruturais em ambientes secos, deste modo, verificou-se que o traço 01 tem elevada capacidade para a tração perpendicular com valores médios de 1,239N/mm<sup>2</sup>. Em comparação com os outros tipos de painéis especificados na norma, esses valores superam todos requisitos para painéis não estruturais, estruturais, em condições secas, úmidas e ainda com cargas severas (Tabela 01).

#### 4.2.3 DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA AO ARRANCAMENTO DE PARAFUSO

Na norma da ABNT atual não é especificado os valores para a comparação dos resultados no arrancamento de parafuso, porém para este estudo, serão considerados os valores da norma 14.810-3 de 2013, considerando a espessura de 14mm, mais próxima dos 12,7mm definidas para os corpos-de-prova da norma de 2006, deste modo, para análise serão considerados os valores com 800N/mm<sup>2</sup> para o arrancamento de parafuso no topo e 1020N/mm<sup>2</sup> para o arrancamento de parafuso da superfície, conforme Tabela 13. Para o arrancamento de topo o traço 01 apresentou na média 1317,19N/mm<sup>2</sup> e para o arrancamento de superfície 1373,74N/mm<sup>2</sup>, representando elevada capacidade do material para atender as funções relacionadas com o arrancamento de parafuso, com inúmeras possibilidades para utilizar este material a partir do uso de parafusos, pregos e acessórios de fixação em instalações nas construções secas.

Tabela 13- Resistência ao Arrancamento de Parafuso com os valores e os desvios padrões para o traço 01

| <b>Arrancamento de Parafuso</b> |            | <b>TOPO</b>    | <b>SUPERFÍCIE</b> |
|---------------------------------|------------|----------------|-------------------|
| <b>Traço 01</b>                 |            |                |                   |
| <b>1Kgf= 9.80665 (N)</b>        |            |                |                   |
| Norma ABNT<br>14 810-2 2006     | 8 a 13 mm  | não aplicável  | não aplicável     |
|                                 | 14 a 20 mm | 800            | 1 020             |
| Máximo                          |            | 2056,75        | 2089,99           |
| <b>Média</b>                    |            | <b>1317,19</b> | <b>1373,74</b>    |
| Mínimo                          |            | 550,35         | 951,83            |
| Desvio Padrão                   |            | 548,41         | 325,08            |

Fonte: Autor

#### 4.2.4 DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À TRAÇÃO SUPERFICIAL

Para a determinação da resistência à tração superficial (Tabela 14) a norma da ABNT apresenta 1N/mm<sup>2</sup> como unidade para painéis com espessura de 6 a 13mm. No caso do traço 01 os resultados superaram os valores médios definidos pela norma para painéis do tipo P2, não estruturais para áreas secas, com a hipótese da distribuição aleatória das partículas nas camadas, configurando uma estrutura entrelaçada com elevada compactação para a camada superficial e aliada à perpendicularidade das camadas internas ser a principal razão dos resultados.

Tabela 14- Resistência à tração superficial com os valores mínimo, médio, máximo e desvio padrão para o traço 01

| <b>Painel</b>                                | <b>Tração</b>      |
|----------------------------------------------|--------------------|
| <b>Traço 01</b>                              | <b>Superficial</b> |
| <b>1 N/mm<sup>2</sup>= Mpa (Mega Pascal)</b> |                    |
| Norma ABNT (P2)                              | 1N/mm <sup>2</sup> |
| Máximo                                       | 1,59               |
| <b>Média</b>                                 | <b>1,19</b>        |
| Mínimo                                       | 0,87               |
| Desvio Padrão                                | 0,22               |

Fonte: Autor

## 5. CONCLUSÃO

O processo de produção e a utilização das partículas de bambu do tipo estilas, finas e alongadas da espécie *Bambusa vulgaris*, proporcionaram o aproveitamento de 65% da matéria-prima com a utilização do picador e da seleção das partículas por meio da peneira vibratória, aumentando a produtividade utilizando tecnologias mais limpas para a produção do OSB.

O uso da *Bixa orellana* conhecida no Brasil como urucum se apresenta como alternativa para o tingimento das partículas com processos simples, eficazes com o uso das sementes para a obtenção do tingidor com rendimento superior a 90%, uma vez que não influenciou nos testes para as propriedades físicas. Os painéis com partículas tingidas de *Bixa orellana* se apresentam como uma alternativa agrícola, uma vez que utiliza uma planta predominante no Brasil, com resultado estético com coloração natural de cor alaranjada, neutra, muito utilizado atualmente em objetos de decoração para interiores.

Amostras do traço 03 com tingidor têxtil comercial, se apresentaram como uma solução na produção de painéis com coloração, principalmente pela facilidade de obtenção de corantes, produzidos em grande escala, e pelo fato de não ter influenciado na qualidade do material a partir dos resultados nos testes físicos.

Nos testes para a densidade média, as amostras dos traços 01, 02, 03, 04 e 05 obtiveram respectivamente 0,77g/cm<sup>3</sup>, 0,76g/cm<sup>3</sup> e 0,74g/cm<sup>3</sup>, 0,76g/ m<sup>3</sup> e 0,69g/cm<sup>3</sup>, valores iguais ou acima da faixa alvo determinada, confirmando o planejamento referente a escolha do formato e tamanho das partículas, formação do colchão com cinco camadas e escolha da resina de mamona.

Nos resultados para a absorção de água após 24h, as amostras do traço 01 apresentaram na média 28,31%, 35,51% para o traço 02, 32,51 % no traço 03, 30,04% no traço 04 e 42,70% no traço 05, confirmando o comportamento semelhante ao teste de inchamento, onde o painel (traço 02) com adição de *Bixa orellana* apresentou valores superiores em relação ao bambu natural (traço 01).

Considerando os ensaios para o teor de umidade conclui-se que não houve variação no traço 02 com adição de *Bixa orellana*, e esta adição mostrou uma tendência do aumento nas propriedades de inchamento e absorção de água. Isso porque a *Bixa orellana* possui propriedades hidrossolúveis, provenientes do processo

de obtenção de corante com a trituração e aproveitamento total da biomassa das sementes, com porcentagens altas de umidade existentes na celulose e hemicelulose.

Estatisticamente no caso do inchamento em 24h os resultados apresentaram diferenças significativas entre os grupos A e B, com as amostras do traço 02 e 03 apresentando as médias mais altas, entretanto, os resultados possibilitam a sua utilização em áreas secas, corroborando com o objetivo geral.

Para os testes de resistência mecânica para a determinação na flexão estática e módulo de elasticidade o traço 01 apresentou resultados com características para painéis não estruturais e estruturais em áreas secas e úmidas em painéis do tipo P2, P3, P4 e P5.

Nos resultados para a tração perpendicular o traço 01 apresentou resultado três vezes superior ao recomendado pela NBR 14810-2(2013) para painéis do tipo P2 ao P4, e duas vezes superior aos painéis estruturais em condições severas de carga.

Na resistência ao arrancamento de parafuso de topo e superfície a norma da NBR 14.810-2 (2013) para painéis particulados não especifica valores para painéis com 6 a 13mm, entretanto, o traço 01 apresentou valores superiores ou maiores que 30% comparados com a norma para painéis com 14 a 20mm de espessura.

Nos resultados para a determinação à tração superficial a NBR 14.810-2 (2013) apresenta somente a indicação para painéis do tipo P2 e o traço 01 superou o valor determinado com  $1,19\text{N/mm}^2$ .

Considerando os resultados dos testes físicos dos traços 01, 02, 03, 04 e 05 os painéis se apresentam como alternativa a partir do uso de colorações contribuindo para a construção civil como material na aplicação em paredes, tetos, divisórias, móveis, elementos estruturais e detalhes nos espaços interiores.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14810-1: Painéis de partículas de média densidade, parte 1: Terminologia. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14810-2: Painéis de partículas de média densidade, parte 2: Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2013.

ABRAF (Associação Brasileira de Produtores de Floresta). Anuário Estatístico ABRAF 2013 (ano base 2012). Disponível em: <file:///C:/Users/Administrator/Downloads/anuarioABRAF-2013.pdf> Acesso em: 26/08/2015.

ALAY, S. C. A. All Clean technologies application for integral use of semi-defatted annatto seeds (*Bixa orellana* L.). **Tese** (Doutorado). Faculdade de Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, SP: [s.n.], 2015.

ALAM, D. M. N., RAHMAN K., RATUL S. B., SHARMIN, A., ISLAM, T., HASAN, A. W. and ISLAM, N. Properties of Particleboard Manufactured from Commonly Used Bamboo (*Bambusa vulgaris*) *Advances in Research* 4(3): 203-211, 2015, Article no.AIR. 2015. 075 ISSN: 2348-0394

ALBUQUERQUE, C. E. C. de. Interações de variáveis no ciclo de prensagem de aglomerados. 2002. 150p. **Tese (Doutorado em Ciências Florestais)**. Universidade Federal de Paraná. Curitiba- PR. 2002.

AMERICAN NATIONAL STANDARD. **ANSI A208.1-99**: Particleboard. Gaithersburg. 1999.

ASHBY, M. & JOHNSON, K. *Materiais e Design*. tradutor: Arlete Simille Marques. 2ª ed. Editora Elsevier Ltda. p. 360. 2011

ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Annual book of **ASTM: D-1037** - Standard methods of evaluating properties of wood-base fiber and particles materials. Philladelphia, 2002.

AKRAMI, A., FRUEHWALD, A., BARBU, M. C. The effect of fine strands in core layer on physical and mechanical properties of oriented strand boards (OSB) made of beech (*Fagus sylvatica*) and poplar (*Populustremula*). Eur. J. Wood Prod. (2014) 72:521–525. DOI 10.1007/s00107-014-0802-z

BERTOLINI, M. S. Emprego de resíduos de *Pinus* sp. tratado com preservantes CCB na produção de chapas de partículas homogêneas utilizando resina poliuretana à base de mamona. 2011. 126f. **Dissertação** (Mestrado em Ciências e Engenharia de Materiais) Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.

BOOTH, S. e PLUNKETT, D. **Mobiliário para o Design de Interiores**; [tradução Alexandre Salvaterra]. – 1. Ed. – São Paulo: Gustavo Gili, 2015.

BROWN, R., FARRELLY, L. **Materiais no Design de Interiores**; [tradução Alexandre Salvaterra]. – 1. Ed. – São Paulo: Gustavo Gili, 2014.

BUENO, M. A. P. Painéis de Medium Density Fiberboard fabricados com bagaço de cana-de-açúcar e madeira de reflorestamento. 2014. 176 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Bauru, São Paulo, 2014.

BRIGGS-GOODE, A. **Design de Estamparia Têxtil**; tradução: Cláudia Bucweitz ... [et al.]; revisão técnica: Luiz Carlos Robinson- Porto Alegre: Bookman, 2014. 208p.: il. color.

CARNEIRO, R. Metodologia de curvatura de bambu laminado colado (BLAC) para fabricação de mobiliário: diretrizes para o design. 2014. 114 f. Dissertação (mestrado)

- Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, 2014.

CHING, F. & BINGGELI, C. Arquitetura de Interiores Ilustrada. Porto Alegre: 2. Ed. BookMan, 351 p.: il. 2006.

CLOUTIER, A. Oriented Strandboard (OSB): raw material, manufacturing process, properties of wood-base fiber and particle materials. In: 1st International Seminar on Solid Wood Products of High Technology. Belo HorizonteMG, p.173-185, 1998.

COUTINHO, F. M.B. e DELPECH, M. C. Polyurethanes as materials for surface coatings 41. Polímeros [online]., vol.9, n.1, pp.41-48. ISSN 0104-1428. 1999.

DEMCHUK JR, B. & RIBANI, R. H. Atualidades sobre a química e a utilização do urucum (*Bixa orellana L.*). Revista Brasileira de Pesquisa em Alimentos v. 6, n. 1, p. 37 – 50. 2015.

DIAS, F. M. APLICAÇÃO DE RESINA POLIURETANA À BASE DE MAMONA NA FABRICAÇÃO DE PAINÉIS DE MADEIRA COMPENSADA E AGLOMERADA. 116 pg. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais) - Universidade de São Paulo, São Carlos, São Paulo, 2005.

DINHANE, F. C. R., PROPRIEDADES FÍSICO-MECÂNICAS DE PAINÉIS DE MDP (MEDIUM DENSITY PARTICLEBOARD) CONSTITUÍDO DE BAMBU E FIBRA DE COCO. 100pg. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) -, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Bauru, São Paulo, 2014.

DINHANE, F. C. R.; ARAÚJO, I. I. de; VALARELLI, I. de D.; BUENO, M. A. P.; FERREIRA, B. S.; CAMPOS, C. I. de. Particleboard Manufactured with Bamboo and Coconut Fibers in Different Ratios of Adhesive. Advanced Materials Research, Vol. 1088, pp. 672-675, Feb. 2015.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. (2006). EN 300: Oriented Strand Boards (OSB) - Definitions, classification and specifications. Portugal.

FAJARDO, E., CALAGE, E., JOPPERT, G. SENAC. DN. Fios e fibras. Rio de Janeiro: Ed. Senac Nacional, 80p. il.2002

FAO - Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura. Disponível em:<[http://faostat3.fao.org/browse/Q/\\*/E](http://faostat3.fao.org/browse/Q/*/E)>.Acesso em: 20/05/2015.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS Rome, 2018 ISBN 978-92-5-130642-0

FARRELY, D. **The book of bamboo**. EUA, San Francisco: Sierra Club Books. 1984. 340 p.

FEBRIANTO, F., SAHRONI, HIDAYAT, W., BAKAR, E. S., KWON, G., KWON, J., HONG, S., KIM, N. Properties of oriented strand board made from Betung bamboo (*Dendrocalamus asper* (Schultes.f) Backer ex Heyne). Wood SciTechnol 46:53–62. DOI 10.1007/s00226-010-0385-8, 2012.

FEBRIANTO, F., JANG, J., LEE, S., SANTOSA, I. A., HIDAYAT, W., KWON, J., and KIM, N. Effect of bamboo species and resin content on properties of oriented strand board prepared from steam-treated bamboo strands. Bioresources 10(2), 2642-2655. 2642, 2015

FERREIRA, E. L. **Tingimento Vegetal**: teoria e prática sobre tingimento com corantes naturais. 1ª edição. 2005.

FERREIRA, B. S. Propriedades físico-mecânicas de painéis particulados de *Eucalyptus saligna* e casca de noz macadâmia. 2013. 77 f. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia do *Campus* de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2013.

FERREIRA, L. M. C. **Design de Móveis e Bambu Laminado Colado**: consideração ao tratamento térmico e às características físicas e mecânicas com vistas ao projeto do produto. **Dissertação** (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo, área de concentração em técnicas e processos de produção do ambiente construído) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília, Brasília, 2014

IORELLI, J.; LAHAR, F. A. R.; NASCIMENTO, M. F. DO; SAVASTANO JUNIOR, H.; ROSSIGNOLO, J. A. Painéis de partículas à base de bagaço de cana e resina de mamona produção e propriedades. *Acta Scientiarum. Technology* (Online), v. 33, p. 401-406, 2011.

FOOD INTELLIGENCE. Relatório de testes de Ação Bactericida em peças de bambu. 2010.

GONÇALVES, M. T. T. **Processamento da madeira**. Bauru: Document Center Xerox – USC. 242 p. 2000.

HASELEIN, C.R., SANTINI, E.J., BERGER, R., ELEOTÉRIO, J. R., SCHEREEN, L. Resistência à flexão estática de alguns painéis aglomerados comercializados no Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria- RS. v.11, n.1, p.195-200. 2001.

HIDALGO LOPEZ. Bamboo: the gift of the Gods. Colômbia, Bogotá: D´vinni Ltda. 2003. p. 553

IB FOREST, Brasil– Londrina. 2015. Disponível em: <<https://www.clickmudas.com.br/sementes/sementes-de-arvores-nativas/sementes-de-urucum-bixa-orellana.htm>> Acesso em: jan., 2015.

IBAMA 2019. Disponível em: <<https://www.ibama.gov.br/educacao-ambiental/educacao-ambiental-no-ibama#sobre>>. Diretrizes e Linhas de Ação da Educação Ambiental no Ibama. Acesso em: jan., 2019.

IBRAHIM, M. A. & FEBRIANTO, F. Properties of Oriented Strand Board (OSB) Made from Mixing Bamboo. ARPN Journal of Science and Technology VOL. 3, N°. 9, ISSN 2225-7217, September 2013.

IWAKIRI, S. **Painéis de madeira reconstituída**. Curitiba: FUPEF. 247 p. 2005.

JANSSEN, J. J. A. Building with Bamboo. London: Intermediate Technology Publications. 1988. P. 68.

JANSSEN, J.J.A. Designing and building with bamboo. International Network for Bamboo and Rattan (INBAR). Technical report nº 20. Beijing. China. 2000.

JARAMILLO, S.V. La Guadua em los proyectos de inversión. In: Anales del Congreso Mundial de Bambú/Guadua. Pereira Colombia.1992.

JESUS, J. M. H. Estudo do adesivo poliuretano à base de mamona em madeira laminada colada (MLC). São Carlos. **Tese (Doutorado)**. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. 106 p. 2000.

JIN, J., WU, C., QIN, D., PENG, W., SUN, W.; LIU, C.; CAO, X. and NIU, X. Decay Resistance of Bamboo Oriented Strand Board Pretreated with Copper-based Preservatives. 2016 *BioResources* 11(1), 1541-1553.

KOCH, PETER. **Wood Machining Processes**. New York: The Ronald Press Company. 1964. 530p.

KOLLMANN, FRANZ. **Tecnología De La Madera Y Sus Aplicaciones**. Traducida De La Segunda Edicion Alemana Por El Instituto Florestal de Investigaciones Y Experiencias Servicio De La Madera. Madrid,1959.

KOLLMANN, F., KENZI, P., STAMM, A. Principles of wood science and technology II. Wood based materials, 703p. New York, USA, 1975.

LEFTERI, C. **Materias em design**: 112 materiais para design de produtos. 1ªEd. São Paulo, SP: Blucher, 2017.

LEITE, S. S. Investigação Experimental do processo de lixamento e termorretificação em relação as características tecnológicas superficiais do *Corymbia citriodora* & *Pinus elliottii*. 000 pg. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Bauru, São Paulo. 2019

LIESE, W. The anatomy of bamboo culms. Beijing, Technical Report, International Network for Bamboo and Rattan, 203 p., 1998.

LIU, X; SMITH, G. D.; JIANG, Z.; BOCK, M. C. D.; BOECK, F.; FRITH, O.; GATÓO, A.; LIU, K.; MULLIGAN, H.; SEMPLE, K. E.; SHARMA, B. and RAMAGE, M. Engineered Bamboo Nomenclature. 2016 *BioResources* 11 (1), 1141-1161

MALONEY, T. M. **Modern particleboard & dry-process fiberboard manufacturing**. San Francisco: Miller Freeman Inc., 1993, 681p.

MALANIT, P., BARBU, M. C., FRÜHWALD, A. Physical and mechanical properties of oriented strand lumber made from an Asian bamboo (*Dendrocalamus asper* Backer). *Eur. J. Wood Prod.* (2011) 69:27–36. DOI 10.1007/s00107-009-0394-1.

MANRÍQUEZ, M. J. & MORAES, P. D. Comportamento da madeira a temperaturas elevadas. *Revista Ambiente Construído*, v. 9, p. 158-174, 2009.

MASISA. <https://www.masisa.com/chi/producto/olb/>

MAULANA S., BUSYRA, I., FATRAWANA, A., HIDAYAT, W., SARI, R. K., SUMARDI, I., WISTARA, I. J., LEE, S. H., KIM, N. H., FEBRIANTO, F. Effects of Steam Treatment on Physical and Mechanical Properties of Bamboo Oriented Strand Board. *J. Korean Wood Sci. Technol.* 2017, 45(6): 872-882 p ISSN: 1017-0715 e ISSN: 2233-7180

MICHAQUE, A. M. M., Efeito da geometria das partículas e da densidade, sobre as propriedades de painéis estruturais *Waferboards*. 122 p. **Dissertação**. Pós-graduação em Engenharia Florestal do setor de Ciências Agrárias. Universidade Federal do Paraná. Curitiba- PR. 1992.

MISKALO, Eugênio P., Avaliação do potencial de utilização de bambu *Dendrocalamus giganteus* na produção de painéis de partículas orientadas, 2009, Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

MOIZÉS, F. A. Painéis de bambu, uso e aplicações: uma experiência didática nos cursos de Design em Bauru. 113 p. Dissertação (Mestrado em Desenho Industrial). Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação. Bauru, São Paulo. 2007.

MOSLEMI, A. A. **Particleboard**. Illinois: *Southern Illinois University Press*, v. 1. 244 p. 1974.

NASCIMENTO, M. F.; BERTOLINI M. da Silva; PANZERA, T. H.; Christoforo, A. L.; LAHR F. A. R. Painéis OSB fabricados com Madeiras da Caatinga do Nordeste do Brasil. *Ambiente Construído*. vol.15 no.1 Porto Alegre. Jan./Mar. 2015.

PAPADOPOULOS, A. N.; HILL, C. A. S.; GKARAVELI, A.; NTALOS, G. A. and KARASTERGIOU, S. P. Bamboo chips (*Bambusa vulgaris*) as an alternative lignocellulosic raw material for particleboard manufacture. *Holz Roh Werkst* (2004) 62:36–39. DOI 10.1007/s00107-003-0447-9

PAZMINO, A. V. **Como se cria**: 40 métodos para design de produtos. São Paulo, Blucher, 2015.

PEREIRA, M. A. R.; BERALDO, A. L. **Bambu de corpo e alma**. 2ªed. Bauru- SP: canal6 editora, p. 352. 2016.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental**. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 14 ed., Piracicaba- SP, 2001. 477p.

RAMOS, B. P. F. Metodologia de curvatura de bambu laminado colado (BLAC) para fabricação de mobiliário: diretrizes para o design. 2014. 114 f. **Dissertação (mestrado)** - Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, 2014.

SANTOS, W. L. F.; SILVA, A. J. P. da; CABRAL, A. A. and MERCURY, J. M. R. Particleboard manufactured from Tauari (*Couratari oblongifolia*) wood waste using castor oil based polyurethane resin. Mat. Res. [online]. 2014, vol.17, n.3, pp. 657-663. Epub Feb 18, 2014. ISSN 15161439. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-14392014005000013>.

SEMPLE, K. S & SMITH, G. O. Recovery Modeling for OSB Strand Production from Holow Bamboo Culms Bioresources. 2017. 12 (4).7841- 7858

SILVA, et al. Strength and Stiffness of Thermally Rectified Eucalyptus Wood Under Compression. Materials Research, v. 16, n. 5, p. 1077-1083, 2013

SILVA, J. C. R. P. da. ANÁLISE DO PROCESSO DE DESIGN DE MARCA GRÁFICA POR MEIO DA ERGONOMIA INFORMACIONAL – UMA ALTERNATIVA METODOLÓGICA – Bauru, 2017. Tese (DOUTORADO) - UNESP, FAAC, PPGDeign (Área de concentração: Ergonomia). 213 p. 2017

STRUCTURAL BOARD ASSOCIATION. OSB Design Manual Construction Sheathing and Design Rated Oriented Strand Board. 2004

SOUZA, A. M. et al. Mechanical Properties of OSB Wood Composites With Resin Derived From a Renewable Natural Resource. International Journal of Composite Materials, v. 4, n. 3, p. 157-161, 2014.

SUMARDI I.; ONO K.; SUZUKI S. (2007) Effect of board density and layer structure on the mechanical properties of bamboo oriented strandboard. J Wood Science 53:510–515

THOMPSON, Martin, e THOMPSON, Rob. Materiais sustentáveis, processos e produção. São Paulo: Editora Senac, 2015.

TOMAZELLI FILHO, M., AZZINI. A. Estrutura Anatômica, Dimensões das Fibras e Densidade Básica de Colmos de *Bambusa vulgaris* SCHRAD. IPEF, n.36, p.43-50, ago.1987

VITAL, B. R.; HASELEIN, C. R.; DELLA LUCIA, R. M. Efeito da geometria das partículas nas propriedades das chapas de madeira aglomerada de *Eucalyptus grandis* (Hill ex-Maiden). **Revista Árvore**, v.16, n.1, p.88-96, 1992.

ZHANG, M., WONG, E., KAWAI, S., KWON, J. Manufacture and properties of high-performance oriented strand board composite using thin strands. J Wood Sci (1998) 44:191-197 © The Japan Wood Research Society, 1998.





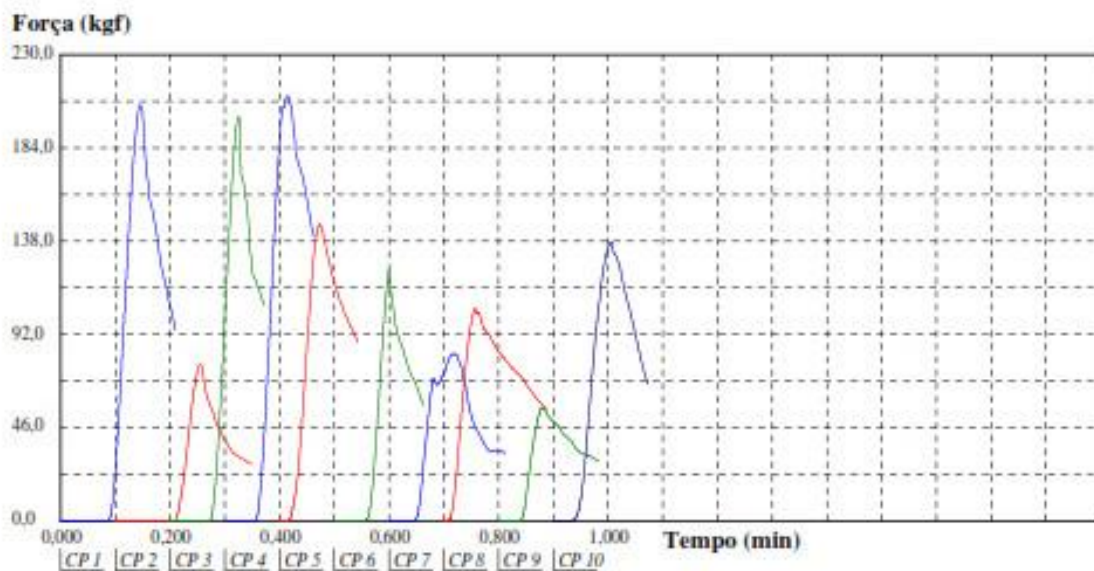
### APÊNDICE 03. SCRIPT PARA O ENSAIO DE ARRANCAMENTO DE PARAFUSO DE TOPO

#### UNESP - Universidade Estadual Paulista Faculdade de Engenharia de Bauru - Laboratório de Construção Civil

##### Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL30000N** Célula: **Trd 26** Extensômetro: **-** Data: **26/01/2018** Hora: **14:33:20** Trabalho n° **3129**  
 Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Painel OSB Arrancamento de Parafuso norma NBR ABNT 14810-2**  
 Ident. Amostra: **> Material: Painel OSB 100 Bamb** Ensaio: **Arrancamento parafuso top** Interessado: **Doutorado Fábio Moizés**

| Corpo de Prova | Força Máxima (kgf) |
|----------------|--------------------|
| CP 1           | 205,28             |
| CP 2           | 77,37              |
| CP 3           | 199,49             |
| CP 4           | 209,73             |
| CP 5           | 146,41             |
| CP 6           | 123,61             |
| CP 7           | 82,59              |
| CP 8           | 104,83             |
| CP 9           | 56,12              |
| CP 10          | 137,73             |
| Número CPs     | 10                 |
| Media          | 134,3              |
| Desv. Padrão   | 55,92              |
| Coef. Var. (%) | 41,64              |
| Mínimo         | 56,12              |
| Máximo         | 209,7              |



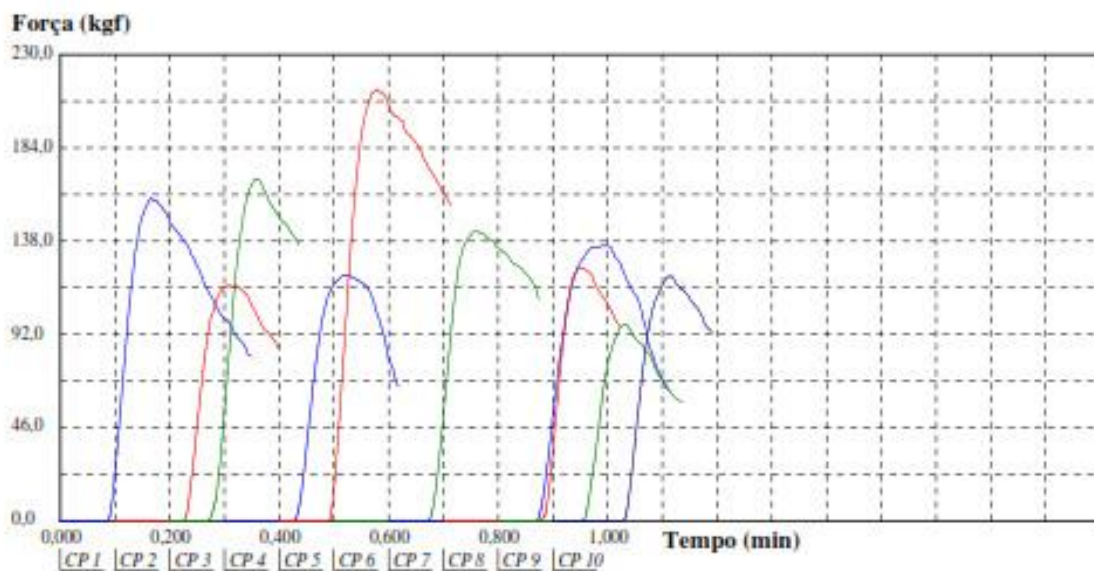
## APÊNDICE 04. SCRIPT PARA O ENSAIO DE ARRANCAMENTO DE PARAFUSO NA FACE

### UNESP - Universidade Estadual Paulista Faculdade de Engenharia de Bauru - Laboratório de Construção Civil

#### Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL30000N** Célula: **Trd 26** Extensômetro: **+** Data: **26/01/2018** Hora: **14:12:59** Trabalho n° **3126**  
 Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Painel OSB Arrancamento de Parafuso norma NBR ABNT 14810-2**  
 Ident. Amostra: **> Material: Painel OSB 100 Bambu** Ensaio: **Arrancamento parafuso face** Interessado: **Doutorado Fábio Moizés**

| Corpo de Prova | Força Máxima (kgf) |
|----------------|--------------------|
| CP 1           | 159,26             |
| CP 2           | 116,48             |
| CP 3           | 168,57             |
| CP 4           | 121,42             |
| CP 5           | 213,12             |
| CP 6           | 142,95             |
| CP 7           | 136,03             |
| CP 8           | 125,09             |
| CP 9           | 97,06              |
| CP 10          | 120,85             |
| Número CPs     | 10                 |
| Média          | 140,1              |
| Desv.Padrão    | 33,15              |
| Coef.Var.(%)   | 23,66              |
| Mínimo         | 97,06              |
| Máximo         | 213,1              |





## APÊNDICE 06. RESULTADOS DAS AMOSTRAS NOS ENSAIOS FÍSICOS: DENSIDADE

| Densidade   |         |                |                |                |                |                |                 |                 |                 |                 |                 |              |                    |
|-------------|---------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------|--------------------|
| OSB Natural |         |                |                |                |                |                |                 |                 |                 |                 |                 |              |                    |
| Painel      | Posição | Corpo de Prova | Lado A<br>[mm] | Lado B<br>[mm] | Lado C<br>[mm] | Lado D<br>[mm] | Ponto 1<br>[mm] | Ponto 2<br>[mm] | Ponto 3<br>[mm] | Ponto 4<br>[mm] | Ponto 5<br>[mm] | Massa<br>[g] | Densidade<br>kg/m³ |
| Ch 1        | P 5     | CP 1           | 49,98          | 49,67          | 49,83          | 49,91          | 12,52           | 12,95           | 12,73           | 13,01           | 12,94           | 25,86        | 811,18             |
|             | P 8     | CP 2           | 49,75          | 50,14          | 50,01          | 50,02          | 12,89           | 12,60           | 12,84           | 12,79           | 12,91           | 23,32        | 728,99             |
| Ch 2        | P 5     | CP 3           | 50,08          | 49,84          | 50,01          | 50,11          | 12,69           | 12,87           | 12,70           | 12,86           | 12,95           | 26,06        | 813,16             |
|             | P 8     | CP 4           | 49,81          | 49,64          | 49,90          | 49,90          | 12,95           | 13,20           | 13,03           | 13,12           | 13,11           | 27,19        | 837,64             |
| Ch 3        | P 5     | CP 5           | 50,04          | 49,84          | 50,17          | 50,08          | 12,62           | 12,79           | 12,80           | 12,82           | 12,84           | 23,08        | 721,78             |
|             | P 8     | CP 6           | 50,16          | 49,96          | 50,10          | 49,95          | 13,37           | 13,10           | 12,99           | 13,00           | 13,17           | 25,76        | 783,67             |
| Ch 4        | P 5     | CP 7           | 49,76          | 50,09          | 50,00          | 50,08          | 13,00           | 12,47           | 13,05           | 12,88           | 12,99           | 24,22        | 752,82             |
|             | P 8     | CP 8           | 49,56          | 49,95          | 50,10          | 49,75          | 12,86           | 12,81           | 12,84           | 12,87           | 12,88           | 24,80        | 776,83             |
| Ch 5        | P 5     | CP 9           | 50,03          | 49,90          | 49,81          | 49,98          | 12,89           | 13,01           | 12,91           | 12,84           | 12,97           | 24,23        | 752,03             |
|             | P 8     | CP 10          | 49,87          | 49,84          | 49,95          | 50,05          | 12,77           | 12,72           | 12,82           | 12,84           | 12,85           | 24,09        | 755,00             |

| Densidade         |         |                |                |                |                |                |                 |                 |                 |                 |                 |              |                    |
|-------------------|---------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------|--------------------|
| OSB Bixa orellana |         |                |                |                |                |                |                 |                 |                 |                 |                 |              |                    |
| Painel            | Posição | Corpo de Prova | Lado A<br>[mm] | Lado B<br>[mm] | Lado C<br>[mm] | Lado D<br>[mm] | Ponto 1<br>[mm] | Ponto 2<br>[mm] | Ponto 3<br>[mm] | Ponto 4<br>[mm] | Ponto 5<br>[mm] | Massa<br>[g] | Densidade<br>kg/m³ |
| Ch 1              | P 5     | CP 1           | 50,14          | 50,19          | 50,11          | 50,01          | 13,42           | 13,44           | 13,53           | 13,38           | 13,47           | 23,64        | 700,00             |
|                   | P 8     | CP 2           | 49,97          | 50,01          | 50,06          | 50,12          | 13,69           | 13,50           | 13,72           | 13,80           | 13,76           | 27,01        | 787,70             |
| Ch 2              | P 5     | CP 3           | 50,30          | 50,42          | 50,97          | 50,82          | 12,53           | 12,45           | 12,45           | 12,43           | 12,56           | 22,06        | 689,43             |
|                   | P 8     | CP 4           | 51,00          | 50,99          | 50,35          | 50,41          | 12,45           | 12,41           | 12,59           | 12,46           | 12,52           | 22,96        | 715,75             |
| Ch 3              | P 5     | CP 5           | 50,72          | 50,65          | 50,81          | 50,77          | 12,40           | 12,41           | 12,42           | 12,43           | 12,45           | 23,74        | 742,39             |
|                   | P 8     | CP 6           | 50,38          | 50,22          | 50,84          | 50,93          | 12,43           | 12,52           | 12,43           | 12,34           | 12,40           | 22,26        | 700,01             |
| Ch 4              | P 5     | CP 7           | 50,20          | 49,75          | 49,74          | 49,55          | 12,91           | 12,86           | 12,69           | 12,72           | 12,78           | 27,10        | 853,89             |
|                   | P 8     | CP 8           | 50,86          | 50,45          | 50,29          | 49,94          | 12,51           | 12,43           | 12,57           | 12,62           | 12,54           | 29,01        | 911,73             |
| Ch 5              | P 5     | CP 9           | 50,99          | 50,86          | 50,47          | 50,41          | 12,40           | 12,43           | 12,47           | 12,37           | 12,45           | 24,92        | 780,87             |
|                   | P 8     | CP 10          | 49,86          | 49,74          | 51,00          | 51,03          | 12,49           | 12,51           | 12,43           | 12,42           | 12,52           | 25,37        | 800,55             |

| Densidade               |         |                |                |                |                |                |                 |                 |                 |                 |                 |              |                    |
|-------------------------|---------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------|--------------------|
| OSB Tintura têxtil azul |         |                |                |                |                |                |                 |                 |                 |                 |                 |              |                    |
| Painel                  | Posição | Corpo de Prova | Lado A<br>[mm] | Lado B<br>[mm] | Lado C<br>[mm] | Lado D<br>[mm] | Ponto 1<br>[mm] | Ponto 2<br>[mm] | Ponto 3<br>[mm] | Ponto 4<br>[mm] | Ponto 5<br>[mm] | Massa<br>[g] | Densidade<br>kg/m³ |
| Ch 1                    | P 5     | CP 1           | 49,96          | 50,01          | 49,83          | 49,94          | 12,97           | 12,95           | 12,75           | 12,81           | 12,88           | 23,66        | 737,16             |
|                         | P 8     | CP 2           | 50,03          | 50,05          | 50,13          | 49,87          | 13,13           | 12,88           | 12,95           | 13,00           | 13,05           | 24,90        | 765,42             |
| Ch 2                    | P 5     | CP 3           | 49,97          | 49,82          | 49,83          | 50,12          | 12,76           | 12,79           | 12,87           | 12,70           | 12,56           | 23,59        | 742,82             |
|                         | P 8     | CP 4           | 49,71          | 49,80          | 50,38          | 50,19          | 12,89           | 12,85           | 12,72           | 12,87           | 12,80           | 19,66        | 612,66             |
| Ch 3                    | P 5     | CP 5           | 49,92          | 49,86          | 50,29          | 50,16          | 12,99           | 12,86           | 12,79           | 13,01           | 12,94           | 25,43        | 785,63             |
|                         | P 8     | CP 6           | 49,88          | 49,88          | 50,12          | 50,33          | 12,89           | 12,97           | 12,85           | 13,03           | 12,95           | 26,29        | 811,10             |
| Ch 4                    | P 5     | CP 7           | 49,80          | 50,38          | 50,27          | 49,95          | 13,02           | 13,09           | 13,06           | 12,86           | 13,10           | 26,49        | 810,21             |
|                         | P 8     | CP 8           | 49,95          | 50,02          | 50,48          | 50,51          | 12,78           | 12,98           | 13,05           | 12,92           | 12,94           | 24,03        | 736,09             |
| Ch 5                    | P 5     | CP 9           | 50,39          | 50,06          | 49,67          | 49,81          | 13,01           | 13,09           | 13,09           | 12,94           | 13,14           | 23,46        | 719,38             |
|                         | P 8     | CP 10          | 50,01          | 49,99          | 49,81          | 50,01          | 12,77           | 12,78           | 12,76           | 12,83           | 12,74           | 23,65        | 741,79             |

| Densidade         |         |                |                |                |                |                |                 |                 |                 |                 |                 |              |                    |
|-------------------|---------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------|--------------------|
| Carbonizado 180°C |         |                |                |                |                |                |                 |                 |                 |                 |                 |              |                    |
| Painel            | Posição | Corpo de Prova | Lado A<br>[mm] | Lado B<br>[mm] | Lado C<br>[mm] | Lado D<br>[mm] | Ponto 1<br>[mm] | Ponto 2<br>[mm] | Ponto 3<br>[mm] | Ponto 4<br>[mm] | Ponto 5<br>[mm] | Massa<br>[g] | Densidade<br>kg/m³ |
| Ch 1              | P 5     | CP 1           | 50,07          | 50,52          | 50,56          | 50,04          | 13,12           | 13,14           | 13,00           | 13,01           | 13,04           | 27,11        | 820,40             |
|                   | P 8     | CP 2           | 50,40          | 50,02          | 49,82          | 49,87          | 12,85           | 12,84           | 12,76           | 12,72           | 12,77           | 25,16        | 786,13             |
| Ch 2              | P 5     | CP 3           | 50,39          | 50,47          | 50,86          | 50,76          | 12,43           | 12,70           | 12,59           | 12,56           | 12,56           | 21,53        | 668,56             |
|                   | P 8     | CP 4           | 50,48          | 50,42          | 50,57          | 50,77          | 12,60           | 12,52           | 12,47           | 12,61           | 12,47           | 23,60        | 736,56             |
| Ch 3              | P 5     | CP 5           | 50,67          | 50,49          | 50,42          | 50,52          | 12,56           | 12,57           | 12,61           | 12,57           | 12,57           | 24,78        | 771,87             |
|                   | P 8     | CP 6           | 50,58          | 50,42          | 50,19          | 50,43          | 12,59           | 12,70           | 12,64           | 12,60           | 12,56           | 21,13        | 659,12             |
| Ch 4              | P 5     | CP 7           | 50,90          | 50,68          | 50,97          | 50,99          | 12,95           | 12,92           | 13,06           | 13,02           | 12,88           | 28,84        | 859,04             |
|                   | P 8     | CP 8           | 50,66          | 50,78          | 50,57          | 50,50          | 12,48           | 12,55           | 12,56           | 12,57           | 12,57           | 20,12        | 625,68             |
| Ch 5              | P 5     | CP 9           | 50,67          | 50,77          | 50,29          | 50,32          | 12,83           | 12,72           | 12,71           | 12,84           | 12,82           | 27,93        | 856,28             |
|                   | P 8     | CP 10          | 50,53          | 50,50          | 50,60          | 50,53          | 12,96           | 13,20           | 13,10           | 13,11           | 13,06           | 27,33        | 817,64             |

| Densidade         |         |                |                |                |                |                |                 |                 |                 |                 |                 |              |                    |
|-------------------|---------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------|--------------------|
| Carbonizado 200°C |         |                |                |                |                |                |                 |                 |                 |                 |                 |              |                    |
| Painel            | Posição | Corpo de Prova | Lado A<br>[mm] | Lado B<br>[mm] | Lado C<br>[mm] | Lado D<br>[mm] | Ponto 1<br>[mm] | Ponto 2<br>[mm] | Ponto 3<br>[mm] | Ponto 4<br>[mm] | Ponto 5<br>[mm] | Massa<br>[g] | Densidade<br>kg/m³ |
| Ch 1              | P 5     | CP 1           | 49,94          | 49,95          | 49,71          | 49,91          | 12,57           | 12,59           | 12,60           | 12,58           | 12,71           | 21,82        | 695,55             |
|                   | P 8     | CP 2           | 50,35          | 49,59          | 50,37          | 49,92          | 12,58           | 12,59           | 12,54           | 12,57           | 12,52           | 21,85        | 694,26             |
| Ch 2              | P 5     | CP 3           | 50,93          | 51,13          | 50,48          | 50,49          | 12,45           | 12,60           | 12,55           | 12,47           | 12,52           | 23,79        | 737,69             |
|                   | P 8     | CP 4           | 50,95          | 50,98          | 49,78          | 49,98          | 12,42           | 12,45           | 12,43           | 12,38           | 12,48           | 21,32        | 674,60             |
| Ch 3              | P 5     | CP 5           | 50,31          | 50,32          | 50,95          | 51,00          | 12,59           | 12,52           | 12,54           | 12,62           | 12,62           | 22,38        | 693,74             |
|                   | P 8     | CP 6           | 51,00          | 50,90          | 50,42          | 50,44          | 12,69           | 12,70           | 12,80           | 12,78           | 12,74           | 25,24        | 770,94             |
| Ch 4              | P 5     | CP 7           | 49,65          | 49,78          | 50,77          | 50,80          | 12,49           | 12,50           | 12,57           | 12,43           | 12,47           | 21,18        | 671,54             |
|                   | P 8     | CP 8           | 50,86          | 50,75          | 50,21          | 50,40          | 12,51           | 12,62           | 12,71           | 12,49           | 12,57           | 21,06        | 655,03             |
| Ch 5              | P 5     | CP 9           | 50,49          | 50,40          | 50,80          | 50,87          | 12,67           | 12,41           | 12,47           | 12,66           | 12,52           | 23,33        | 725,15             |
|                   | P 8     | CP 10          | 50,49          | 50,34          | 50,87          | 50,80          | 12,49           | 12,48           | 12,60           | 12,64           | 12,51           | 21,07        | 655,40             |

## TEOR DE UMIDADE

| Teor de Umidade |         |                |          |          |                      |
|-----------------|---------|----------------|----------|----------|----------------------|
| OSB Natural     |         |                |          |          |                      |
| Painel          | Posição | Corpo de Prova | MU - [g] | MS - [g] | Umidade Residual [%] |
| Ch 1            | P 3     | CP 1           | 27,02    | 24,85    | 8,73                 |
|                 | P 7     | CP 2           | 23,74    | 21,89    | 8,45                 |
| Ch 2            | P 3     | CP 3           | 20,79    | 19,18    | 8,39                 |
|                 | P 7     | CP 4           | 25,83    | 23,86    | 8,26                 |
| Ch 3            | P 3     | CP 5           | 21,81    | 20,15    | 8,24                 |
|                 | P 7     | CP 6           | 22,84    | 21,05    | 8,50                 |
| Ch 4            | P 3     | CP 7           | 24,12    | 22,19    | 8,70                 |
|                 | P 7     | CP 8           | 23,12    | 21,33    | 8,39                 |
| Ch 5            | P 3     | CP 9           | 27,81    | 25,68    | 8,29                 |
|                 | P 7     | CP 10          | 24,10    | 22,35    | 7,83                 |

| Teor de Umidade   |         |                |          |          |                      |
|-------------------|---------|----------------|----------|----------|----------------------|
| OSB Bixa orellana |         |                |          |          |                      |
| Painel            | Posição | Corpo de Prova | MU - [g] | MS - [g] | Umidade Residual [%] |
| Ch 1              | P 3     | CP 1           | 19,18    | 17,73    | 8,18                 |
|                   | P 7     | CP 2           | 26,70    | 24,75    | 7,88                 |
| Ch 2              | P 3     | CP 3           | 22,06    | 20,70    | 6,57                 |
|                   | P 7     | CP 4           | 22,96    | 21,52    | 6,69                 |
| Ch 3              | P 3     | CP 5           | 23,74    | 22,28    | 6,55                 |
|                   | P 7     | CP 6           | 22,26    | 20,91    | 6,46                 |
| Ch 4              | P 3     | CP 7           | 27,10    | 25,41    | 6,65                 |
|                   | P 7     | CP 8           | 29,01    | 27,21    | 6,62                 |
| Ch 5              | P 3     | CP 9           | 24,92    | 23,48    | 6,13                 |
|                   | P 7     | CP 10          | 25,37    | 23,86    | 6,33                 |

| Teor de Umidade         |         |                |          |          |                      |
|-------------------------|---------|----------------|----------|----------|----------------------|
| OSB Tintura têxtil azul |         |                |          |          |                      |
| Painel                  | Posição | Corpo de Prova | MU - [g] | MS - [g] | Umidade Residual [%] |
| Ch 1                    | P 3     | CP 1           | 25,70    | 23,88    | 7,62                 |
|                         | P 7     | CP 2           | 25,14    | 23,37    | 7,57                 |
| Ch 2                    | P 3     | CP 3           | 23,59    | 22,08    | 6,84                 |
|                         | P 7     | CP 4           | 19,66    | 18,36    | 7,08                 |
| Ch 3                    | P 3     | CP 5           | 25,43    | 23,76    | 7,03                 |
|                         | P 7     | CP 6           | 26,29    | 24,31    | 8,14                 |
| Ch 4                    | P 3     | CP 7           | 26,49    | 24,72    | 7,16                 |
|                         | P 7     | CP 8           | 24,03    | 22,43    | 7,13                 |
| Ch 5                    | P 3     | CP 9           | 23,46    | 22,54    | 4,08                 |
|                         | P 7     | CP 10          | 23,65    | 22,14    | 6,82                 |

| Teor de Umidade   |         |                |          |          |                      |
|-------------------|---------|----------------|----------|----------|----------------------|
| Carbonizado 180°C |         |                |          |          |                      |
| Painel            | Posição | Corpo de Prova | MU - [g] | MS - [g] | Umidade Residual [%] |
| Ch 1              | P 3     | CP 1           | 27,11    | 25,69    | 5,53                 |
|                   | P 7     | CP 2           | 25,16    | 23,88    | 5,36                 |
| Ch 2              | P 3     | CP 3           | 21,53    | 20,25    | 6,32                 |
|                   | P 7     | CP 4           | 23,60    | 22,20    | 6,31                 |
| Ch 3              | P 3     | CP 5           | 24,78    | 23,28    | 6,44                 |
|                   | P 7     | CP 6           | 21,13    | 19,81    | 6,66                 |
| Ch 4              | P 3     | CP 7           | 28,84    | 27,07    | 6,54                 |
|                   | P 7     | CP 8           | 20,12    | 19,01    | 5,84                 |
| Ch 5              | P 3     | CP 9           | 27,93    | 26,35    | 6,00                 |
|                   | P 7     | CP 10          | 27,33    | 25,60    | 6,76                 |

| Teor de Umidade   |         |                |          |          |                      |
|-------------------|---------|----------------|----------|----------|----------------------|
| Carbonizado 200°C |         |                |          |          |                      |
| Painel            | Posição | Corpo de Prova | MU - [g] | MS - [g] | Umidade Residual [%] |
| Ch 1              | P 3     | CP 1           | 21,82    | 20,76    | 5,11                 |
|                   | P 7     | CP 2           | 21,85    | 20,80    | 5,05                 |
| Ch 2              | P 3     | CP 3           | 23,79    | 22,51    | 5,69                 |
|                   | P 7     | CP 4           | 21,32    | 20,18    | 5,65                 |
| Ch 3              | P 3     | CP 5           | 22,38    | 21,18    | 5,67                 |
|                   | P 7     | CP 6           | 25,24    | 23,85    | 5,83                 |
| Ch 4              | P 3     | CP 7           | 21,18    | 20,09    | 5,43                 |
|                   | P 7     | CP 8           | 21,06    | 19,95    | 5,56                 |
| Ch 5              | P 3     | CP 9           | 23,33    | 22,11    | 5,52                 |
|                   | P 7     | CP 10          | 21,07    | 19,96    | 5,56                 |

## INCHAMENTO EM 24h

| Inchamento em Espessura 24h |         |                |           |           |                   |
|-----------------------------|---------|----------------|-----------|-----------|-------------------|
| OSB Natural                 |         |                |           |           |                   |
| Painel                      | Posição | Corpo de Prova | E0 - [mm] | E1 - [mm] | Resultado 24h [%] |
| Ch 1                        | P 4     | CP 1           | 12,77     | 14,32     | 12,14             |
|                             | P 6     | CP 2           | 13,02     | 13,60     | 4,45              |
| Ch 2                        | P 4     | CP 3           | 12,85     | 13,52     | 5,21              |
|                             | P 6     | CP 4           | 12,85     | 13,60     | 5,84              |
| Ch 3                        | P 4     | CP 5           | 12,82     | 13,54     | 5,62              |
|                             | P 6     | CP 6           | 12,87     | 13,51     | 4,97              |
| Ch 4                        | P 4     | CP 7           | 13,21     | 14,23     | 7,72              |
|                             | P 6     | CP 8           | 12,87     | 13,36     | 3,81              |
| Ch 5                        | P 4     | CP 9           | 13,32     | 13,80     | 3,60              |
|                             | P 6     | CP 10          | 12,83     | 13,52     | 5,38              |

## Inchamento em Espessura 24h

| OSB Bixa orellana |         |                |           |           |                   |
|-------------------|---------|----------------|-----------|-----------|-------------------|
| Painel            | Posição | Corpo de Prova | E0 - [mm] | E1 - [mm] | Resultado 24h [%] |
| Ch 1              | P 4     | CP 1           | 12,53     | 13,81     | 10,22             |
|                   | P 6     | CP 2           | 12,50     | 13,98     | 11,84             |
| Ch 2              | P 4     | CP 3           | 12,20     | 13,24     | 8,52              |
|                   | P 6     | CP 4           | 12,18     | 13,72     | 12,64             |
| Ch 3              | P 4     | CP 5           | 12,17     | 13,58     | 11,59             |
|                   | P 6     | CP 6           | 12,03     | 12,76     | 6,07              |
| Ch 4              | P 4     | CP 7           | 12,47     | 13,55     | 8,66              |
|                   | P 6     | CP 8           | 12,22     | 12,74     | 4,26              |
| Ch 5              | P 4     | CP 9           | 12,15     | 13,12     | 7,98              |
|                   | P 6     | CP 10          | 12,11     | 14,10     | 16,43             |

## Inchamento em Espessura 24h

| OSB Tintura têxtil azul |         |                |           |           |                   |
|-------------------------|---------|----------------|-----------|-----------|-------------------|
| Painel                  | Posição | Corpo de Prova | E0 - [mm] | E1 - [mm] | Resultado 24h [%] |
| Ch 1                    | P 4     | CP 1           | 13,07     | 14,34     | 9,72              |
|                         | P 6     | CP 2           | 12,97     | 14,53     | 12,03             |
| Ch 2                    | P 4     | CP 3           | 12,25     | 12,99     | 6,04              |
|                         | P 6     | CP 4           | 12,30     | 13,95     | 13,41             |
| Ch 3                    | P 4     | CP 5           | 12,53     | 13,97     | 11,49             |
|                         | P 6     | CP 6           | 12,84     | 14,75     | 14,88             |
| Ch 4                    | P 4     | CP 7           | 12,79     | 15,37     | 20,17             |
|                         | P 6     | CP 8           | 12,60     | 13,79     | 9,44              |
| Ch 5                    | P 4     | CP 9           | 12,58     | 14,20     | 12,88             |
|                         | P 6     | CP 10          | 12,45     | 13,71     | 10,12             |

## Inchamento em Espessura 24h

| Carbonizado 180°C |         |                |           |           |                   |
|-------------------|---------|----------------|-----------|-----------|-------------------|
| Painel            | Posição | Corpo de Prova | E0 - [mm] | E1 - [mm] | Resultado 24h [%] |
| Ch 1              | P 4     | CP 1           | 12,69     | 13,27     | 4,57              |
|                   | P 6     | CP 2           | 12,65     | 13,29     | 5,06              |
| Ch 2              | P 4     | CP 3           | 12,26     | 13,05     | 6,44              |
|                   | P 6     | CP 4           | 12,20     | 12,86     | 5,41              |
| Ch 3              | P 4     | CP 5           | 12,38     | 13,15     | 6,22              |
|                   | P 6     | CP 6           | 12,37     | 13,20     | 6,71              |
| Ch 4              | P 4     | CP 7           | 12,69     | 13,27     | 4,57              |
|                   | P 6     | CP 8           | 12,12     | 13,01     | 7,34              |
| Ch 5              | P 4     | CP 9           | 12,58     | 12,98     | 3,18              |
|                   | P 6     | CP 10          | 12,77     | 13,47     | 5,48              |

| Inchamento em Espessura 24h |         |                |           |           |                   |
|-----------------------------|---------|----------------|-----------|-----------|-------------------|
| Carbonizado 200°C           |         |                |           |           |                   |
| Painel                      | Posição | Corpo de Prova | E0 - [mm] | E1 - [mm] | Resultado 24h [%] |
| Ch 1                        | P 4     | CP 1           | 12,57     | 13,11     | 4,30              |
|                             | P 6     | CP 2           | 12,56     | 13,09     | 4,22              |
| Ch 2                        | P 4     | CP 3           | 12,31     | 12,93     | 5,04              |
|                             | P 6     | CP 4           | 12,22     | 13,12     | 7,36              |
| Ch 3                        | P 4     | CP 5           | 12,37     | 13,22     | 6,87              |
|                             | P 6     | CP 6           | 12,46     | 13,13     | 5,38              |
| Ch 4                        | P 4     | CP 7           | 12,16     | 12,82     | 5,43              |
|                             | P 6     | CP 8           | 12,21     | 12,92     | 5,81              |
| Ch 5                        | P 4     | CP 9           | 12,27     | 13,13     | 7,01              |
|                             | P 6     | CP 10          | 12,22     | 12,95     | 5,97              |

## ABSORÇÃO EM ÁGUA 24h

| Absorção de Água 24h |         |                |          |          |                   |
|----------------------|---------|----------------|----------|----------|-------------------|
| OSB Natural          |         |                |          |          |                   |
| Painel               | Posição | Corpo de Prova | M0 - [g] | M1 - [g] | Resultado 24h [%] |
| Ch 1                 | P 4     | CP 1           | 26,44    | 35,02    | 32,45             |
|                      | P 6     | CP 2           | 25,06    | 32,58    | 30,01             |
| Ch 2                 | P 4     | CP 3           | 23,45    | 29,92    | 27,59             |
|                      | P 6     | CP 4           | 25,00    | 30,26    | 21,04             |
| Ch 3                 | P 4     | CP 5           | 22,62    | 31,16    | 37,75             |
|                      | P 6     | CP 6           | 24,82    | 30,91    | 24,54             |
| Ch 4                 | P 4     | CP 7           | 25,41    | 34,11    | 34,24             |
|                      | P 6     | CP 8           | 26,28    | 32,96    | 25,42             |
| Ch 5                 | P 4     | CP 9           | 27,55    | 33,91    | 23,09             |
|                      | P 6     | CP 10          | 24,21    | 30,74    | 26,97             |

| Absorção de Água 24h |         |                |          |          |                   |
|----------------------|---------|----------------|----------|----------|-------------------|
| OSB Bixa orellana    |         |                |          |          |                   |
| Painel               | Posição | Corpo de Prova | M0 - [g] | M1 - [g] | Resultado 24h [%] |
| Ch 1                 | P 4     | CP 1           | 26,02    | 33,44    | 28,52             |
|                      | P 6     | CP 2           | 21,74    | 30,98    | 42,50             |
| Ch 2                 | P 4     | CP 3           | 21,37    | 29,54    | 38,23             |
|                      | P 6     | CP 4           | 22,16    | 31,27    | 41,11             |
| Ch 3                 | P 4     | CP 5           | 22,91    | 30,16    | 31,65             |
|                      | P 6     | CP 6           | 21,57    | 29,67    | 37,55             |
| Ch 4                 | P 4     | CP 7           | 26,02    | 32,73    | 25,79             |
|                      | P 6     | CP 8           | 27,78    | 33,78    | 21,60             |
| Ch 5                 | P 4     | CP 9           | 24,08    | 30,55    | 26,87             |
|                      | P 6     | CP 10          | 24,48    | 32,19    | 31,50             |

| Absorção de Água 24h    |         |                |          |          |                   |
|-------------------------|---------|----------------|----------|----------|-------------------|
| OSB Tintura têxtil azul |         |                |          |          |                   |
| Painel                  | Posição | Corpo de Prova | M0 - [g] | M1 - [g] | Resultado 24h [%] |
| Ch 1                    | P 4     | CP 1           | 25,89    | 32,38    | 25,07             |
|                         | P 6     | CP 2           | 27,19    | 33,66    | 23,80             |
| Ch 2                    | P 4     | CP 3           | 22,79    | 29,69    | 30,28             |
|                         | P 6     | CP 4           | 18,98    | 28,26    | 48,89             |
| Ch 3                    | P 4     | CP 5           | 24,43    | 31,60    | 29,35             |
|                         | P 6     | CP 6           | 22,55    | 31,76    | 40,84             |
| Ch 4                    | P 4     | CP 7           | 25,38    | 33,83    | 33,29             |
|                         | P 6     | CP 8           | 23,09    | 30,94    | 34,00             |
| Ch 5                    | P 4     | CP 9           | 25,22    | 33,21    | 31,68             |
|                         | P 6     | CP 10          | 22,75    | 29,10    | 27,91             |

| Absorção de Água 24h |         |                |          |          |                   |
|----------------------|---------|----------------|----------|----------|-------------------|
| Carbonizado 180°C    |         |                |          |          |                   |
| Painel               | Posição | Corpo de Prova | M0 - [g] | M1 - [g] | Resultado 24h [%] |
| Ch 1                 | P 4     | CP 1           | 24,21    | 30,11    | 24,37             |
|                      | P 6     | CP 2           | 24,67    | 31,22    | 26,55             |
| Ch 2                 | P 4     | CP 3           | 20,92    | 29,15    | 39,34             |
|                      | P 6     | CP 4           | 22,87    | 29,09    | 27,20             |
| Ch 3                 | P 4     | CP 5           | 23,99    | 30,63    | 27,68             |
|                      | P 6     | CP 6           | 20,48    | 28,05    | 36,96             |
| Ch 4                 | P 4     | CP 7           | 27,74    | 33,40    | 20,40             |
|                      | P 6     | CP 8           | 19,50    | 30,04    | 54,05             |
| Ch 5                 | P 4     | CP 9           | 26,83    | 31,93    | 19,01             |
|                      | P 6     | CP 10          | 26,32    | 32,87    | 24,89             |

| Absorção de Água 24h |         |                |          |          |                   |
|----------------------|---------|----------------|----------|----------|-------------------|
| Carbonizado 200°C    |         |                |          |          |                   |
| Painel               | Posição | Corpo de Prova | M0 - [g] | M1 - [g] | Resultado 24h [%] |
| Ch 1                 | P 4     | CP 1           | 20,97    | 29,32    | 39,82             |
|                      | P 6     | CP 2           | 22,17    | 30,27    | 36,54             |
| Ch 2                 | P 4     | CP 3           | 23,08    | 31,23    | 35,31             |
|                      | P 6     | CP 4           | 20,70    | 29,99    | 44,88             |
| Ch 3                 | P 4     | CP 5           | 21,68    | 31,10    | 43,45             |
|                      | P 6     | CP 6           | 24,41    | 32,44    | 32,90             |
| Ch 4                 | P 4     | CP 7           | 20,56    | 29,80    | 44,94             |
|                      | P 6     | CP 8           | 20,44    | 31,10    | 52,15             |
| Ch 5                 | P 4     | CP 9           | 22,62    | 32,70    | 44,56             |
|                      | P 6     | CP 10          | 20,46    | 31,20    | 52,49             |

## ANEXOS

### ANEXO 01- CATÁLOGO FABRICANTE KEHL- ADESIVOS



Kehl Ind e Com Ltda – ME  
R. Italo Palno, 700 / Jd. Industrial - São Carlos – SP  
CEP 13564-010 Tel/Fax: (16) 3361-2122  
[kehl@kehl.ind.br](mailto:kehl@kehl.ind.br) - [www.kehl.ind.br](http://www.kehl.ind.br)

## Aglomerantes

### DESCRIÇÃO DO PRODUTO

Os aglomerantes da KEHL são sistemas bi-componentes de poliuretano, com excelente aderência, resistência química e mecânica. Possui alto poder de impermeabilização.

Tabela 1

| Código | Descrição                                                                                |
|--------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| AG101  | Sistema de aglomerante, com proporção componente B:A de 1:1 em peso, aplicação externa   |
| AG151  | Sistema de aglomerante, com proporção componente B:A de 1,5:1 em peso, aplicação interna |
| AG201  | Sistema de aglomerante, com proporção componente B:A de 2:1 em peso, aplicação externa   |
| AG251  | Sistema de aglomerante, com proporção componente B:A de 2,5:1 em peso, aplicação externa |
| AG301  | Sistema de aglomerante, com proporção componente B:A de 3:1 em peso, aplicação interna   |

### CAMPOS DE APLICAÇÃO

Pode ser aplicado em: pó de madeira, fibras vegetais, pó cerâmico, etc ( quase todo tipo de material triturado).

\* Não tem boa aderência em Polietileno (PE)

### QUALIDADE

Os aglomerantes foram testados sob as normas NBR-9779/87; NBR-9779/95 e NBR-10787/94. Testes os quais comprovam a capacidade de impermeabilização das resinas. Ensaio de desgaste por abrasão foram realizados no EPT S/A, onde verificou-se uma resistência entre bom e excelente, comprovando a qualidade dos impermeabilizantes.

## **VANTAGENS**

- Poliól de fonte natural renovável;
- Não possui solventes;
- Impermeável;
- Alta resistência química e mecânica;

## **INSTRUÇÕES PARA APLICAÇÃO DOS PRODUTOS**

### **PREPARO DOS PRODUTOS**

- Cada produto deve ser preparado nas proporções indicadas na tabela de proporção abaixo em massa, utilizar kit de mistura fornecido ou balança. Os sistemas possuem dois componentes, A e B, que devem ser misturados no momento da utilização.
- Em seguida proceder a mistura dos componentes A e B nas quantidades necessárias para a aplicação, durante 2 minutos.
- Misture quantidades pequenas dos produtos. Preferencialmente o que vai ser utilizada em 30 minutos no máximo.
- Após a mistura do componente A, a reação de polimerização se inicia imediatamente e não cessa.
- Essa reação é exotérmica (libera calor), a temperatura da mistura ficará em torno de 45°C.
- Se o material possuir umidade, haverá expansão do aglomerante. Para não ocorrer esse efeito, é aconselhado uso de prensa.

### **ESTOCAGEM DOS PRODUTOS**

Armazenar em local coberto seco e longe de fontes de calor, de ignição, nas embalagens originais e intactas. Não estocar junto com oxidantes fortes como cloro líquido ou oxigênio concentrado. A validade é de 3 (três) meses.

### **LIMPEZA DE FERRAMENTAS UTILIZADAS NA APLICAÇÃO**

Antes da cura utilizar xilol ou outro solvente indicado pelo fabricante, após a cura somente com limpeza mecânica.

### **RECOMENDAÇÕES DE SEGURANÇA**

- Diluir somente com solventes indicados pelo fabricante caso haja necessidade. O produto vendido não contém solventes.
  - Manter as embalagens fechadas, longe de fonte de calor, e fora do alcance de crianças e animais domésticos.
  - Manter o ambiente ventilado durante aplicação e secagem.
  - Utilizar EPIs adequados para a manipulação e aplicação (óculo de segurança, luvas, máscara protetora).
-

### CARACTERÍSTICAS DO AGLOMERANTE DE POLIURETANO

| ENSAIO                                                                  | RESULTADO                 |
|-------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| Densidade aparente do sistema                                           | 1,2 kg/L                  |
| Dureza shore A após cura inicial                                        | 40/60                     |
| Dureza shore A após cura total                                          | 95                        |
| Variação da dureza - mais de 50 C                                       | 20/30 pontos              |
| Temperatura máxima de trabalho                                          | 80 C                      |
| Temperatura mínima de trabalho                                          | -25 C                     |
| Efeitos de raios solares                                                | sem alteração             |
| Efeito de ácidos fortes diluídos                                        | nenhuma ocorrência        |
| Efeito de ácidos fortes concentrados                                    | resistência moderada      |
| Efeito de álcalis                                                       | pouco atacado             |
| Alongamento                                                             | 10%                       |
| Tensão na ruptura                                                       | 3.000 psi                 |
| Secagem da superfície a 25 C                                            | 3 a 4 horas               |
| Resiliência                                                             | Máx 10 %                  |
| Ancoragem ao cimento                                                    | 30kg/cm                   |
| Ancoragem à metais                                                      | 28kg/cm                   |
| Resistência a óleos e graxas                                            | excelente                 |
| Resistência aos solventes clorados                                      | moderada/baixa            |
| Resistência a combustíveis                                              | excelente                 |
| <b>Absorção de água por imersão (NBR 9778)</b>                          | %                         |
| Pedaços de concreto                                                     | 4,7 – 5,7                 |
| Pedaços de concreto aglomerado                                          | 0,2 – 0,3                 |
| <b>Absorção de água por capilaridade (NBR 9779)</b>                     | g de água/cm <sup>2</sup> |
| Pedaços de concreto                                                     | 0,63-0,64                 |
| Pedaços de concreto aglomerado                                          | 0,0                       |
| <b>Penetração de água sob pressão de 0,7 Mpa (NBR 10787)</b>            | mm                        |
| Pedaços de concreto                                                     | 10,0                      |
| Pedaços de concreto aglomerado                                          | 0,0                       |
| <b>Desgaste por abrasão (L.A. Falcão Bauer – C79)</b>                   | mm                        |
| 500 m                                                                   |                           |
| Pedaços de concreto                                                     | 0,5                       |
| Pedaços de concreto aglomerado                                          | 0,6                       |
| 1000 m                                                                  |                           |
| Pedaços de concreto                                                     | 0,9                       |
| Pedaços de concreto aglomerado                                          | 1,2                       |
| <b>Toxicidade aguda DL50 via oral</b><br>(Método Litchfield e Wilcoxon) | Atóxico (> 5g/Kg)         |
| Irritação cutânea primária (Método Draize)                              | Não irritante             |
| Irritação ocular (Método Draize e US Consumer Prod. Safety Com.)        | Não irritante             |

## Ficha Técnica

Componente A

### 1. Descrição

- **Produto:** Isocianato di ou polifuncional. Contém mistura e 4,4'-difenilmetano diisocianato.
- **Aspecto:** Líquido marrom escuro
- **Densidade:** 1,24 (aproximadamente)

### 2. Riscos

**Fogo:** Produto não inflamável.

**Saúde:** Produto irritante para pele e olhos. Pode causar irritação em contatos prolongados com a pele.

**Meio Ambiente:** Insolúvel em água, com a qual reage liberando  $\text{CO}_2$ . Produz resíduo inerte e não-biodegradável.

### 3. Em caso de acidente

**Vazamento:** Utilizar material absorvente e descarte de acordo com as Leis locais. Descontamine o local com solução contendo 0,5% de detergente e 5% de hidróxido de amônio (5-10% de carbonato de sódio pode ser utilizado.)

**Fogo:** Extinção com espuma,  $\text{CO}_2$  e pó químico e água.

### 4. Envolvimento de pessoas

Em caso de ingestão e inalação, não provoque vômito, procurar orientação médica. Em contato com pele e olhos: Lavar com água e sabão neutro em abundância.

### 5. Informações ao médico

O produto não possui antídoto específico, proceder com tratamento sintomático. LD oral > 5.000 mg/Kg.

## Ficha Técnica

Componente B

### 1. Descrição

- **Produto:** Poliól para aglomerante, derivado de óleos vegetais. Pode possuir cargas minerais e pigmentos.
- **Aspecto:** Líquido colorido, com odor característico.
- **Densidade:** 1,0 (aproximadamente).

### 2. Riscos

**Fogo:** Produto não inflamável.

**Saúde:** Produto pouco irritante para pele e olhos. Pode causar irritação em contatos prolongados com a pele.

**Meio Ambiente:** Não causa efeitos adversos a longo para o meio ambiente. Água residuais para incêndio não causa poluição. Solúvel em água, com resíduos biodegradáveis.

### 3. Em caso de acidente

**Vazamento:** Utilizar material absorvente e descarte de acordo com as Leis locais. O local pode ser limpo com água e detergente.

**Fogo:** Extinção com espuma,  $\text{CO}_2$  e pó químico e água.

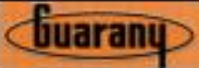
### 4. Envolvimento de pessoas

Em caso de ingestão e inalação não provoque vômito. Procurar orientação médica. Em contato com pele e olhos: Lavar com água e sabão neutro em abundância.

### 5. Informações ao médico

O produto não possui antídoto específico, proceder com tratamento sintomático. Pouco tóxico por ingestão.

## ANEXO 02- CORANTE GUARANY- FICHA DE INFORMAÇÃO DE SEGURANÇA DE PRODUTO QUÍMICO

|                                                                                                                                                                                       |                                    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
|  <b>Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico</b><br>De acordo com a ABNT NBR 14725-4:2014 |                                    |
| Nome do Produto: <b>TINGECOR</b>                                                                                                                                                      | Data da última revisão: 07/07/2016 |
| Página 1 de 4                                                                                                                                                                         |                                    |

### 1. Identificação do produto e da empresa

#### TINGECOR

Código Interno : 0102.00.-.-

#### 1.1 Principais usos recomendados para substância ou mistura

Campo de aplicação: corante têxtil

#### 1.2 Identificação da empresa

Empresa: Guarany Indústria e Comércio Ltda.  
 Endereço: Rodovia Waldomiro Corrêa de Camargo, Km 56,5 – Pirapitingui  
 Cidade: Itu Estado: SP CEP: 13305-200  
 Telefone/Fax: (11) 2115-8400 / Fax: (11) 2115-8400  
 Telefone emergência: S.O.S COTEC 0800 111 767  
 E-mail: [guarany@guaranyind.com.br](mailto:guarany@guaranyind.com.br)

### 2. Identificação de perigos

2.1 Classificação de perigo : Não classificado como perigoso em nenhuma das classes segundo a NBR 14725-2.

#### 2.2 Elementos de rotulagem

2.2.1 Pictograma : Não requer

2.2.2 Palavra de advertência: Não requer

2.2.3 Frase de perigo: Não requer

2.2.4 Frase de precaução:

P264 – Lavar as mãos cuidadosamente após manuseamento.  
 P270 – Não coma, beba ou fume durante a utilização deste produto.  
 P281 – Use equipamento de proteção individual exigido.  
 P302 + P352 – SE NA PELE : Lavar com bastante água e sabão.  
 P305 + P351 + P338 – SE NOS OLHOS : Lavar cuidadosamente com água durante vários minutos. Retirar as lentes de contato, se presentes e fácil de fazer. Continuar a enxaguar.  
 P337 + P313 – Caso a irritação ocular persista: consulte um médico

#### 2.3 Informações adicionais

##### 2.3.1 Efeitos adversos à saúde humana

Ingestão: Em grandes quantidades pode causar irritação do trato digestivo.

Olhos: Pode causar irritação.

Pele: Produto diluído, não deve causar irritação.

Inalação: Não deve causar irritação.

##### 2.3.2 Efeitos ambientais: Não causa grande impacto ambiental.

##### 2.3.3 Visão geral de emergência: Adotar normas de segurança e higiene industrial. Em caso de acidente, adotar as medidas de primeiros socorros (seção 4) e medidas de controle (seção 6).

### 3. Composição e informações dos ingredientes

Tipo de produto: Mistura

Ingredientes ou impurezas que contribuam para o perigo:

| Nome Químico ou Técnico | Número de CAS | Faixa de concentração |
|-------------------------|---------------|-----------------------|
| Corantes diretos        | -             | 70 – 100%             |

Sistema de classificação: NBR 14725 -2

Os corantes utilizados na preparação deste produto não estão relacionados, tendo em vista a preservação de direito de segredo industrial a nossa empresa e/ ou fornecedores. No entanto, todos os seus perigos são considerados para a análise de risco deste produto.

### 4. Medidas de primeiros socorros

Inalação: Remover a pessoa para o ar fresco e, se necessário, ajuda respiratória. Assistência médica.

Contato com a pele: Lavar abundantemente com água e sabão.

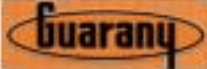
Contato com os olhos: Irrigar com água corrente, com pálpebras bem abertas. Procurar o oftalmologista.

Ingestão: Não induzir o vômito. Lavar a boca e beber bastante água.

Proteção do prestador de primeiros-socorros: Não requer.

|                                                                                                                                                                                       |                                    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
|  <b>Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico</b><br>De acordo com a ABNT NBR 14725-4:2014 |                                    |
| Nome do Produto: TINGECOR                                                                                                                                                             | Data da última revisão: 07/07/2016 |
| Página 2 de 4                                                                                                                                                                         |                                    |

- 4.1 **Sintomas e efeitos mais importantes, agudos ou tardios:** Em caso de ingestão em grandes quantidades, pode ocorrer irritação do trato digestivo.
- 4.2 **Notas para o médico:** Tratamento sintomático.
5. **Medidas de combate a incêndio**
- 5.1 **Meios de extinção apropriados:** Névoa d'água, dióxido de carbono, espuma ou pó químico seco.
- 5.2 **Perigos específicos:** Não há.
- 5.3 **Medidas de proteção da equipe de combate a incêndio:** Em casos de grandes incêndios, utilizar equipamentos respiratórios de proteção autônoma e roupas apropriadas.  
**Indicações adicionais:** A água de extinção contaminada deve ser eliminada segundo legislação local.
6. **Medidas de controle para derramamento ou vazamento**
- 6.1 **Precauções pessoais, equipamentos de proteção e procedimento de emergência**
- 6.1.1 **Para o pessoal que não faz parte dos serviços de emergência:**  
**Prevenção da inalação, contato com a pele, olhos e mucosa:** Evitar contato e utilizar os equipamentos de proteção individual (EPI) (ver seção 8).  
**Remoção das fontes de ignição:** Material não é inflamável.  
**Controle de poeira:** Prover ventilação adequada.
- 6.1.2 **Para o pessoal do serviço de emergência:** Não requer precauções especiais além das listadas no item 6.1.1.
- 6.2 **Precauções ao meio ambiente**
- 6.3 **Método e materiais para a contenção e limpeza**
- 6.3.1 **Contenção e recuperação:** Recolher a seco (varrer), evitar formação de poeira e despejar em recipiente fechado. Lavar o local com bastante água.
- 6.3.2 **Neutralização:** Não requer.
- 6.3.3 **Disposição:** De acordo com a legislação local. Não verter o produto em canalizações e mananciais. Dispor através de empresa autorizada.
- 6.3.4 **Informações adicionais:** Lavar bem o local e os equipamentos utilizados durante a limpeza.
7. **Manuseio e armazenamento**
- 7.1 **Precaução para o manuseio seguro**  
**Prevenção da exposição do trabalhador:** Utilizar os equipamentos de proteção individual (EPI) (ver seção 8). Evitar a formação de poeira.  
**Prevenção de incêndio e explosão:** Material não inflamável.  
**Orientações gerais:** Observar as práticas de segurança e higiene industrial: não comer, beber ou fumar. Lavar as mãos após o uso do produto. Remover roupas contaminadas antes de entrar nas áreas de alimentação. Manter ambiente ventilado.
- 7.2 **Condições de armazenamento seguro**  
**Condições de armazenamento adequado:** Armazenar em local fresco e seco e bem ventilado por até 60 meses. Proteger da luz solar direta. Material higroscópico (absorve água, podendo sofrer compactação).  
**Produtos e materiais incompatíveis:** Não há.  
**Materiais adequados para embalagens:** Embalagem original de fábrica, sendo esses tubetes de polipropileno ou sacos de polietileno. Manter sempre bem fechados após o uso.
8. **Controle de exposição e proteção individual**
- 8.1 **Parâmetros de controles específicos**  
**Limites de exposição ocupacional:** Não disponível.
- 8.2 **Medidas de controle de engenharia**  
 Não respirar as poeiras e evitar contato com a pele e olhos. Retirar o vestuário contaminado.
- 8.3 **Medidas de proteção pessoal**
- 8.3.1 **Proteção dos olhos:** Óculos de segurança ou protetor facial.

|                                                                                                                                                                                       |                                    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
|  <b>Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico</b><br>De acordo com a ABNT NBR 14725-4:2014 |                                    |
| Nome do Produto: TINGECOR                                                                                                                                                             | Data da última revisão: 07/07/2016 |
| Página 3 de 4                                                                                                                                                                         |                                    |

- 8.3.2 Proteção para a pele: Roupa de trabalho fechada, bota de borracha.  
 8.3.3 Proteção para as mãos: Luvas de látex ou PVC.  
 8.3.4 Proteção respiratória: Máscara com filtro contra pó.

8.4 Medidas de proteção no local de trabalho: ducha e lava-olhos.  
 Não comer, beber ou fumar durante o trabalho. Após o uso, lavar bem as mãos.

## 9. Propriedades físico-químicas

Estado físico: Sólido  
 Forma: Pó.  
 Cor: Variando de acordo com a cor indicada.  
 Odor: Característico.  
 pH: Não determinado.  
 Ponto de fusão/ponto de congelamento: Não avaliado.  
 Ponto de ebulição inicial e faixa de temperatura de ebulição: Não aplicável.  
 Ponto de fulgor: Não disponível.  
 Taxa de evaporação: Não aplicável.  
 Inflamabilidade: Não disponível.  
 Limites inferior ou superior de inflamabilidade ou explosividade: Não aplicável.  
 Pressão de vapor: Não avaliado.  
 Densidade de vapor ( $\rho_{\text{ar}}=1$ ): Não aplicável.  
 Densidade relativa: Não determinado.  
 Dispersão em água: Solúvel em água.  
 Coeficiente de partição - n-octanol/ água: Não aplicável.  
 Temperatura de autoignição: Não disponível.  
 Temperatura de decomposição: Não disponível.  
 Viscosidade: Não aplicável.

## 10. Estabilidade e reatividade

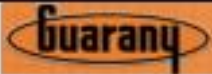
- 10.1 Reatividade: Não disponível.  
 10.2 Estabilidade química: Estável, se processado de acordo com as instruções.  
 10.3 Reações Perigosas: Nenhuma se processado de acordo com as instruções.  
 10.4 Condições a serem evitadas: Controlar a formação de poeiras. Proteger da umidade.  
 10.5 Materiais ou substâncias incompatíveis: Não avaliado.  
 10.6 Produtos Perigosos da Decomposição, exceto os mencionados na seção 5: Desconhecido.

## 11. Informações toxicológicas

- Toxicidade aguda:  
 • LD<sub>50</sub>/oral/ ratos: > 2,0g/Kg  
 • LD<sub>50</sub>/inalação/ ratos: Não avaliado.  
 Corrosão/ Irritação da pele: Não irritante (produto diluído).  
 Lesões oculares graves/ Irritação ocular: Pode causar leve irritação (olho de coelho).  
 Sensibilização respiratória ou à pele: Não disponível.  
 Mutagenicidade em células germinativas: Não disponível.  
 Carcinogenicidade: Os compostos deste corante, não são classificados na listagem da Oeko-tex 100.  
 Alergicidade: Os compostos deste corante, não são classificados na listagem da Oeko-tex 100.  
 Toxicidade à reprodução: Não disponível.  
 Toxicidade para órgãos-alvo específico – exposição única: Não disponível.  
 Toxicidade para órgãos-alvo específico – exposição repetida: Não disponível.  
 Perigo por aspiração: Não disponível.

## 12. Informações ecológicas

- 12.1 Ecotoxicidade:  
 • Biodegradabilidade: Não disponível.  
 • Toxicidade aquática LC<sub>50</sub>: Não disponível.

|                                                                                                                                                                                       |                                    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
|  <b>Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico</b><br>De acordo com a ABNT NBR 14725-4:2014 |                                    |
| Nome do Produto: TINGECOR                                                                                                                                                             | Data da última revisão: 07/07/2016 |
| Página 4 de 4                                                                                                                                                                         |                                    |

- \* Toxicidade bacteriana: Não disponível.

#### 12.2 Persistência e degradabilidade:

- \* DQO: Não disponível.
- \* DBO: Não disponível.

#### 12.3 Potencial bioacumulativo: Não disponível.

#### 12.4 Mobilidade no solo: Não disponível.

#### 12.5 Outros efeitos adversos: Não disponível.

### 13. Considerações sobre tratamento e disposição

13.1 Métodos recomendado para destinação final: Incineração ou aterro industrial, de acordo com a legislação local.

13.2 Embalagens contaminadas: Embalagens não contaminadas podem ser recicladas. Embalagens que não se consigam limpar deve ser eliminado da mesma maneira que a substância.

13.3 EPIs necessários para a manipulação dos resíduos: Utilizar os mesmos citados na seção 8 desta FISPQ.

### 14. Informações sobre transporte

Regulamentações nacionais e internacionais

As características do produto não correspondem aos parâmetros oficiais que definem produtos perigosos para fins de transportes.

### 15. Regulamentações

Não é classificado como perigoso para o manipulador.

Não requer identificação específica.

### 16. Outras informações

Restrições de uso:

Somente para uso em tingimentos de acordo com o material desejado. Não utilizar em alimentos, cosméticos e produtos de higiene pessoal.

Referências Bibliográficas:

- Folha de Segurança do fornecedor.

#### Observação:

As informações contidas neste documento refletem o nosso presente conhecimento e experiência, entretanto não implicam garantias de qualquer natureza. Considerando a variedade de fatores que podem afetar o processamento ou aplicação do produto, as informações contidas nesta ficha, não eximem os processadores da responsabilidade de executar seus próprios testes e experimentos.

As informações contidas nesta FISPQ são oferecidas de boa fé e como instrumento de orientação, sem que incorra em responsabilidade expressa ou implícita.

O consumidor do nosso produto é responsável pela observação das leis e normas existentes.

## ANEXO 03- FOOD INTELLIGENCE: RELATÓRIO TESTES



São Paulo, 09 de setembro de 2010.

**SÓ MARCAS COMERCIAL LTDA**

Endereço: Alameda Arapocema, 208

CEP: 06460-080 Tamboré - Barueri - SP

CNPJ: 67.308.981/0001-00 - IE: 206.279.115.118

Att. Marcus Vardi

e-mail: marcus.vardi@somarcas.com.br

Fone : (011) 3670-1365 - Fax: (011) 3670-1365

**REF.: Teste de Ação Bactericida em peças de Bambu**

**Produto:** Peças de bambu

**FI:** 13859

**Lote:** 06 peças 2,5 X 5 cm

**Data de fabricação:** N/A

**Código do cliente:** 14-GQ

**Microorganismos Utilizados:**

- *Staphylococcus aureus* ATCC 6538
- *Escherichia coli* ATCC 8739

**Cepas adquiridas da Fundação Andre Tosello - Campinas - SP.**

O teste foi efetuado em peças de bambu medindo 2,5 x 5cm, com os microrganismos *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli* seguindo a metodologia - IMSL IIS Z 1801:2000.

Os resultados obtidos foram os seguintes:

| Microorganismos              | Concentração inicial da suspensão bacteriana (UFC/mL) | Amostras | Contagem após 24h de contato (UFC/mL) | % de Redução |
|------------------------------|-------------------------------------------------------|----------|---------------------------------------|--------------|
| <i>Staphylococcus aureus</i> | $8 \times 10^7$                                       | Bambu 1  | 10                                    | 99,99 %      |
|                              |                                                       | Bambu 2  | < 10                                  |              |
|                              |                                                       | Bambu 3  | < 10                                  |              |
| <i>Escherichia coli</i>      | $3,8 \times 10^7$                                     | Bambu 1  | < 10                                  | 99,99 %      |
|                              |                                                       | Bambu 2  | < 10                                  |              |
|                              |                                                       | Bambu 3  | < 10                                  |              |

**Food Intelligence - Consultoria Técnica em Alimentos S/S Ltda.**  
 Rua Pissarro e Pioretti, 141 - Brooklin - São Paulo - SP - CEP 04704-003  
 Telefone: (55-11) 5049-2772 - Fax: (55-11) 5049-2100 - e-mail: foodintelligence@foodintelligence.com.br  
 site: www.foodintelligence.com.br



#### **Metodologia de análise utilizada:**

O teste foi feito seguindo a metodologia IIS Z 2801:2000 esquematizado a seguir:

- Foi colocado 0,5 mL da suspensão bacteriana em cada peça de bambu medindo 2,5 x 5 cm (o teste foi feito em triplicata para cada microorganismo);
- Logo em seguida incubado por 24hrs a 35°C em umidade saturada;
- Após incubação, cada peça foi colocada individualmente em um saco estéril, no qual foram adicionados 10 mL de solução diluente, homogeneizado, efetuada inoculação em placa e contagem após incubação;

#### **Observações:**

As peças utilizadas no teste são pedaços de tábuas em bambu que continham aspectos de terem sido utilizadas, tais como: odor de alimentos e marcas de cortes na superfície e, segundo informações fornecidas pelo cliente, foram utilizadas no período de 01 (um) ano com diversos tipos de alimentos.

#### **Conclusão:**

- Confirmada redução do número de bactérias superior a 99,99 % nas peças de bambu analisadas e contaminadas com *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli*.
- Teste realizado em triplicata confirma elevada redução microbiológica.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Manderlyne Mano".

Manderlyne Mano

Gerente Laboratório Microbiologia

## ANEXO 04- SAL CISNE

### SAL REFINADO CISNE

Ingredientes: Sal Refinado Extra, Iodato de Potássio. Antiumectantes: Ferrocianeto de Sódio e Dióxido de Silício. NÃO CONTÉM GLÚTEN.

Informação Nutricional (Porção de 1g)

| Quantidade por porção | % VD (*) |
|-----------------------|----------|
|-----------------------|----------|

|             |     |
|-------------|-----|
| Sódio 390mg | 16% |
|-------------|-----|

|            |     |
|------------|-----|
| Iodo 25mcg | 19% |
|------------|-----|

Não contém quantidades significativas de valor energético, carboidratos, proteínas, gorduras totais, gorduras saturadas, gorduras trans e fibra alimentar.

\* % Valores Diários de referência (IDR) com base em uma dieta de 2.000kcal ou 8.400kJ. Seus valores diários podem ser maiores ou menores, dependendo de suas necessidades energéticas.