



Universidade Estadual Paulista
“Júlio de Mesquita Filho”



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

ANDREIA ARCHANGELO

PAINÉIS DE BAMBU COM CASCA DE ARROZ E ADESIVO DE MAMONA

Bauru, SP
2016

ANDREIA ARCHANGELO

**PAINÉIS DE BAMBU COM CASCA DE ARROZ E
ADESIVO DE MAMONA**

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia de Bauru, programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica área de Concentração em Processos de Fabricação, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. DR. Ivaldo De Domenico Valarelli

Bauru, SP

2016

FICHA CATALOGRÁFICA

Archangelo, Andreia

Painéis de bambu com casca de arroz e
adesivo de mamona / Andreia Archangelo,
2016 130 folhas: il.

Orientador: DR. Ivaldo de Domenico Valarelli.

Dissertação (Mestrado-Universidade
Estadual Paulista. "Júlio de Mesquita Filho",
Bauru, 2016.

1. Adesivo bi componente. 2. Caca de arroz. 3.
Resistência física. 4. Resistência mecânica. 5.
painéis de bambu I. Universidade Estadual
Paulista. Faculdade de Engenharia. II. Título.

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE ANDRÉIA ARCHÂNGELO, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA, DA FACULDADE DE ENGENHARIA.

Aos 20 dias do mês de dezembro do ano de 2016, às 10:30 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. ALEXANDRE JORGE DUARTE SOUZA do(a) Engenharia Industrial Madeireira / Unidade de Itapeva/UNESP, Prof. Dr. REINALDO SEBASTIAO SILVA do(a) Departamento de Engenharia Mecânica / Faculdade de Engenharia de Bauru - UNESP, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da DISSERTAÇÃO DE MESTRADO de ANDRÉIA ARCHÂNGELO, intitulada **PAINÉIS DE BAMBU COM ADIÇÃO DE CASCA DE ARROZ E ADESIVO A BASE DE MAMONA**. Após a exposição, a discente foi arguida 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. ALEXANDRE JORGE DUARTE SOUZA

Prof. Dr. REINALDO SEBASTIAO SILVA

“ Não existem erros, apenas lições. O crescimento é um processo de tentativa e erro: experimentação. As experiências que não deram certo fazem parte do processo, assim como as bem-sucedidas. ”

(Albert Einstein)

AGRADECIMENTOS

Á todos que direta ou indiretamente me apoiaram e me incentivaram no desenvolvimento deste trabalho, meus sinceros agradecimentos:

- Agradeço a Deus, pelo dom da vida e pela oportunidade da evolução do aprendizado;*
- Agradeço aos meus pais pelo eterno amor e carinho e ao meu filho Renan pela existência em minha vida;*
- Ao Prof. Dr. Ivaldo De Domenico Valarelli, por ter me orientado e elucidado meu caminho nesta jornada e contribuído de todas as formas possíveis para que este trabalho fosse desenvolvido.*
- Agradeço ao Msc Marcus Antonio Pereira Bueno, que me auxiliou na parte de fabricação dos painéis no laboratório;*
- Agradeço também ao Prof. Dr. Obede Borges Faria e ao técnico de laboratório Israel Luiz Pereira Dos Santos do Laboratório de Construção civil, do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Unesp-Bauru onde foram realizados parte dos ensaios desenvolvido nesta pesquisa.*
- Ao meu amigo Msc Fransber Santade pelo apoio e incentivo;*
- A minha amiga Silvia Marana Nasser, companheira em todos os momentos compartilhou seus conhecimentos e experiências;*

RESUMO

PAINÉIS DE BAMBU COM CASCA DE ARROZ E ADESIVO DE MAMONA

A produção de painéis de madeiras e outros materiais lignocelulósicos como o bambu, casca de arroz, casca de amendoim, casca de café, bagaço de cana de açúcar, entre outros, vem crescendo nos últimos anos na busca de um aproveitamento para esses resíduos agroindustrial. Este trabalho tem como objetivo, determinar as características físicas e mecânicas dos painéis de partículas aglomeradas homogêneas, produzidos com bambu da espécie *Dendrocalamus Giganteus* e a adição de casca de arroz, para aplicação em construção civil e na indústria moveleira, comparando os resultados obtidos com outros autores. Portanto, foram produzidos painéis com partículas aglomeradas em quatro traços conforme a norma brasileira NBR 14810-2 (2013), determinou-se os valores de inchamento em espessura 24h, absorção de água 24h, umidade, densidade, resistência a flexão (MOR e MOE), tração perpendicular e arranchamento de parafusos (topo e face). A densidade alvo dos painéis foi de 850 Kg/m³ considerados painéis de alta densidade. O adesivo utilizado foi poliuretano a base de óleo de mamona, na proporção de uma parte de poliol uma parte de pré polímero totalizando em 12% da massa. Os resultados obtidos, indicaram que os traços contendo bambu e casca de arroz, apresentaram resultados satisfatórios quando comparados à norma, e em alguns casos, com índices superiores aos determinados pela NBR 14810-2(2013), e por resultados comparado a outros autores como pesquisa semelhantes. Os resultados apresentados nesta pesquisa, do material ensaiado apresenta bom potencial para a fabricação de painéis de partículas, com aplicabilidade em condições secas, conforme a norma, com oportunidade para novos estudos de pesquisa.

PALAVRAS-CHAVE: Adesivo de mamona, resistência física e mecânica, aglomerados de Bambu.

ABSTRACT

BAMBOO PANELS WITH RICE AND BARK AND MAMONE ADHESIVE

The production of panels of wood and other lignocellulosic materials as bamboo, rice husks, peanut shells, coffee pods, sugar cane bagasse, among others, has been growing in recent years in search of a harnessing for industrial waste. This work aims to determine the physical and mechanical characteristics of sintered particles homogeneous panels, produced with *Dendrocalamus Giganteus* bamboo species and the addition of rice husk, for use in civil construction and in furniture industry, comparing the results obtained by other authors. Therefore, panels were produced with agglomerated particles in four strokes as the brazilian standard NBR 14810-2 (2013), it was determined the values of swelling in thickness, 12:00 am 12:00 am water absorption, moisture, density, resistance to flexion (MOR and MOE), perpendicular traction and arranchamento of screws (top and side). The target density of the panels was 850 Kg/m³ high density panels considered. The adhesive used was oil-based polyurethane of mamona, in the proportion of one part of a prerequisite part polymer polyol totaling in 12% of the mass. The results obtained indicated that traces containing bamboo and rice husk, presented satisfactory results when compared to standard, and in some cases, with indexes higher than those determined by the NBR 14810-2 (2013), and results compared to other authors such as similar research. The results presented in this research, the material tested presents good potential for the manufacture of particle panels, with applicability in dry conditions, as the norm, with opportunity for new research studies.

Keywords: Adhesive mamone, physical and mechanical strength, Bamboo agglomerates.

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRAF	Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas
ABIPA	Associação Brasileira da Indústria de Painéis de Madeira
AB 24h	Absorção de água em 24 horas
AP	Arrancamento de Parafuso
ANOVA	Análise de Variância
ANSI	American National Standards Institute
CE	Camada externa
CS	Camada Standard
CP	Comercial Standard
DEC	Departamento de Engenharia Civil e Ambiental
DEM	Departamento de Engenharia Mecânica
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FF	Fenol-Formaldeído
FE	Flexão Estática
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
HDF	High Density Fiberboard
IE24	Inchamento em espessura 24 horas
LPM	Laboratório de Processamento da Madeira
MDF	Medium Density Fiberboard
MDP	Medium Density Particleboard
MOE	Módulo de Elasticidade
MOR	Módulo de Ruptura
PVD	Physical Vapor Deposit
TP	Tração Perpendicular à Superfície
UF	Uréia-Formaldeído
USP	Universidade de São Paulo
UFPR	Universidade Federal do Paraná
UNESP	Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
OSB	Oriented Strand Board – Pannel de tiras de madeira
PCA	Placa de Concreto Armado

LISTA DE SÍMBOLOS

A	Ampere
bar	Unidade de Pressão
cm	Centímetro
°C	Grau Célsius
D	Densidade
g	Gramas
g/cm ³	Gramas por centímetro cúbico
h	Hora
kg	Quilograma
kgf	Quilograma força
kg/m ³	Quilograma por metro cúbico
mm/s	Milímetro por segundo
m	Metro
MPa	Megapascal
mm	Milímetro
mm ³	Milímetro Cúbico
mm ²	Milímetro Quadrado
mm/min	Milímetro por minuto
min	Minuto
N	Newton
N/mm ²	Newton por milímetro quadrado
T/ano	Tonelada por ano
s	Segundo
T	Tonelada
%	Porcentagem

LISTA DE FIGURAS

Figura.1	Composição da casca de arroz porcentagem em massa.....	26
Figura.2	Casca de Arroz.....	27
Figura.3	Produtos e Subprodutos do Arroz.....	28
Figura.4	Touceira de bambu da espécie <i>Dendrocalamus Giganteus</i>	30
Figura.5	Tipo de Rizoma Paquimorfo ou entouceirante.....	31
Figura.6	Organograma de possibilidades de utilização dos bambus.....	32
Figura.7	Sistema de distribuição de partículas painel aglomerado.....	35
Figura.8	Processo de Fabricação de painéis aglomerados.....	36
Figura.9	Localização dos fabricantes brasileiros de painéis.....	39
Figura.10	Lavoura de mamona.....	44
Figura.11	Representação química da formação de uma poliuretana.....	45
Figura.12	Preparo das amostras de partículas de arroz e bambu.....	55
Figura.13	Agitador elétrico e conjunto de peneiras.....	57
Figura.14	Pesagem do adesivo na balança digital.....	58
Figura.15	Homogeneização: Manual (1) Recipiente com partículas (2)	58
Figura.16	Distribuição manual das partículas (1) e Pré prensagem do colchão de partículas (2)	59
Figura.17	Plano de corte conforme orientação da NBR 14810-2.....	62
Figura.18	Mapeamento do Painel – Ensaios Físicos.....	63
Figura.19	Paquímetro digital de fabricação Mitutoyo (1) Balança eletrônica (2)..	65
Figura.20	Micrometro digital de fabricação Mitutoyo.....	65
Figura.21	Ensaio do Inchamento em espessura e Absorção em água após 24 horas.....	66
Figura.22	Mapeamento do Painel – Ensaios Mecânicos.....	68
Figura 23	Corpo de prova entre os blocos de madeira.....	70
Figura 24	Corpo de prova colocado na máquina universal.....	70
Figura.25	Gabarito para a marcação no centro do corpo de prova.....	71
Figura.26	Exemplo de montagem do corpo de prova no dispositivo de ensaio...	71
Figura.27	Esquema para ensaio de arrancamento de parafuso (face) arranchamento de parafuso (topo)	73

Figura 28	Corpo de prova acoplado a máquina para ensaios de arrancamento de parafuso.	74
Figura 29	Gráfico de Avaliação de Densidade.....	76
Figura 30	Gráfico de Avaliação de Umidade.....	77
Figura 31	Gráfico avaliação de Inchamento em Espessura 24h.....	78
Figura 32	Absorção de Água 24h.....	79
Figura 33	Resultado Tração Perpendicular.....	81
Figura 34	Gráfico modulo de elasticidade na flexão estática (MOE)	82
Figura 35	Gráfico modulo de ruptura na flexão estática (MOR)	83
Figura 36	Gráfico Arrancamento de parafuso Topo.....	85
Figura 37	Gráfico Arrancamento de parafuso Face.....	86

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Composição dos painéis de partículas aglomeradas com resina de mamona.....	56
Tabela 2	Composição dos Painéis.....	60
Tabela 3	Dimensões e quantidade de corpos-de-prova para ensaios de avaliação dos painéis de partículas aglomeradas (NBR14810-2) ..	61
Tabela 4	Resultados do ensaio de densidade.....	75
Tabela 5	Resultados do ensaio de umidade.....	77
Tabela 6	Resultado do ensaio de Inchamento em espessura 24h.....	78
Tabela 7	Resultado do ensaio de absorção de água.....	79
Tabela 8	Resultado do ensaio Tração Perpendicular.....	80
Tabela 9	Resultados do módulo de elasticidade na flexão estática. (MOE) ..	82
Tabela10	Resultados modulo de ruptura na flexão estática. (MOR) ..	83
Tabela11	Resultado arrancamento de parafuso topo.....	84
Tabela12	Resultado arrancamento de parafuso face.....	86

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1.	Cálculo da Densidade.....	64
Equação 2.	Cálculo Volume do CP.....	64
Equação 3.	Cálculo Inchamento em Espessura.....	66
Equação 4.	Cálculo Absorção de água.....	67
Equação 5.	Cálculo Teor de Umidade.....	67
Equação 6.	Cálculo Modulo de Elasticidade (MOE)	70
Equação 7.	Cálculo Modulo Ruptura (MOR)	72
Equação 8.	Cálculo Resistencia a tração Perpendicular.....	72

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	17
2.	OBJETIVO.....	20
2.2	Conteúdo Organizacional.....	20
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	23
3.1	Produção de Arroz.....	23
3.2	Casca de Arroz.....	25
3.3	Processo de descasque do arroz.....	26
3.4	O bambu.....	29
3.5	Produção de painéis de Partículas aglomeradas.....	34
3.5.2	Painéis MDF Medium Densidade.....	36
3.5.3	A indústria de Painéis no Brasil.....	39
3.5.4	Fabricação de painéis com madeiras alternativas.....	40
3.6	Adesivos.....	42
3.7	Sustentabilidade.....	46
3.7.1	Questões Ambientais.....	46
3.7.2	Relatório de Brundtland.....	48
3.7.3	Agenda 21.....	49
3.8	Resíduos.....	51
4	MATERIAIS E MÉTODOS.....	54
4.1	Materiais utilizados.....	54
4.2	Metodologia.....	55
4.2.1	Casca de Arroz e Bambu.....	55
4.2.2	Resina Poliuretana a base de óleo de mamona.....	56
4.2.3	Obtenção das partículas de bambu e casca de arroz.....	57
4.2.4	Preparo da resina	58
4.2.5	Mistura dos Componentes.....	60
4.2.6	Formação do Colchão.....	60
4.3.1	Determinação da Densidade.....	65
4.3.2	Determinação do Inchamento em espessura 24h.....	66
4.3.3	Determinação da Absorção de Água 24h.....	67
4.3.4	Determinação do Teor de Umidade.....	68

4.4	Ensaio Mecânicos.....	69
4.4.1	Determinação da Resistencia à Flexão de Elasticidade.....	70
4.4.2	Determinação à Resistencia a Tração Perpendicular as faces.....	72
4.4.3	Determinação à Resistencia ao Arrachamento de Parafuso.....	74
4.5	Análise Estatística.....	75
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	76
5.1.	Resultados da Avaliação Física.....	76
5.1.2	Ensaio de teor de Umidade.....	77
5.1.3.	Ensaio de inchamento em espessura 24h.....	78
5.1.4.	Ensaio de absorção de água 24h.....	80
5.2	Resultados da Avaliação mecânica.....	81
5.2.1.	Ensaio de Tração Perpendicular.....	81
5.2.2.	Ensaio de Resistencia à Flexão e Modulo de Elasticidade.....	82
5.2.3.	Ensaio de Resistencia ao Arrancamento de Parafuso.....	87
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	88
7	SUGESTÕES PARA FUTURA PESQUISAS.....	90
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	91
	APÊNCIDE A – Ensaio Físicos – Dados Densidade.....	96
	APÊNCIDE B -Dados Inchamento em Espessura 24h.....	100
	APÊNCIDE C -Dados Absorção de água 24h.....	104
	APÊNCIDE D -Dados Umidade.....	108
	APÊNCIDE E -Ensaio Mecânico: Dados de Resistência a Flexão e Modulo de Elasticidade.....	112
	APÊNCIDE F -Dados de Resistencia à Flexão (Modulo de elasticidade (MOE), modulo de Ruptura MOR).....	116
	APÊNCIDE G – Dados de Tração Perpendicular.....	122

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é considerado o país que anualmente produz a maior quantidade de arroz, atingindo doze milhões de toneladas, segundo os dados da Companhia Nacional do Abastecimento obtidos na safra de 2013. O arroz é uma planta da família das gramíneas, cujo nome científico é *Oryza sativa* (CONAB, 2013). Em 2002, de acordo com dados do IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, o estado líder na produção de arroz foi o Rio Grande do Sul, responsável por 51,61% da safra.

Além de abundante, a casca de arroz é considerada um resíduo orgânico com uma diversidade de reaproveitamento, na arquitetura, produção de concreto, na construção de chapa usada na movelaria pela grande resistência e durabilidade e também na utilização de biomassa.

Durante a década de 70, discutia-se a possibilidade da adequação de uma proposta de modernização da agricultura brasileira como um mecanismo capaz de fazer desenvolver o meio rural (GONÇAVES, 1997). Surgiu, então, uma alternativa econômica com o objetivo de atender a demanda e o direcionamento para a casca de arroz, cujo resíduo é subproduto, proveniente do beneficiamento do arroz de extrema relevância para o Brasil. O aproveitamento total desses recursos agroindustriais, além de solucionar o problema ambiental, pode ser utilizado em queima para cogeração de energia termoelétrica, ou na obtenção de matéria prima para outros processos, como a produção de sílica a partir da cinza, gerada na combustão da casca, ou de outros procedimentos como painéis de partículas.

A casca de arroz tem diferentes formas de aproveitamento e pode ser utilizada como material isolante na construção civil, bem como material de construção (tijolos, isolante térmico), com aditivos em cimento Portland e na forma de agregado em argamassas e concretos. Os painéis produzidos com casca de arroz apresentam como característica fundamental a durabilidade, uma vez que, sendo material não-lenhoso, torna-se imune ao ataque de broca, em madeira. Apresenta ainda características favoráveis à absorção de água e uma ótima resistência, sendo indicados para serem usados na construção civil. (PAULESKI, 2005).

O setor de painéis de madeira reconstituída tem apresentado crescimento no Brasil e no mundo. A princípio, esses painéis também podem ser fabricados a partir de qualquer outro material lignocelulósico que apresente alta resistência mecânica e peso específico pré-estabelecidos, pois a composição química dos materiais lignocelulósicos é semelhante à da madeira (ROWELL et al., 2000). As definições de painéis são compostas por elementos de madeira como lâminas, sarrafos, partículas e fibras, obtidas a partir da redução da madeira sólida e reconstituídas através de ligação adesiva. A colagem da madeira contribuiu de forma direta na conservação de recursos florestais, tendo em vista a possibilidade de aproveitamento integral desse material, por meio da utilização de pequenos elementos de madeira de forma e dimensões variadas, para posterior aplicação em diversos tipos de produtos, utilizando métodos e processos adequados para cada finalidade (IWAKIRI, 2005).

Nos últimos anos, o bambu, como matéria prima fibrosa de natureza lignocelulósica, vem se valorizando em decorrência de suas grandes possibilidades agrônomicas e tecnológicas. Por outro lado, a crescente escassez e valorização, das espécies arbóreas (madeiras) têm contribuído para que sejam direcionadas pesquisas, visando ao uso do bambu em diversas aplicações. Em 1992, a produção nacional de madeiras utilizadas nos setores de celulose e carvão (241 milhões de metros cúbicos) foi menor que o consumo (263,3 milhões de metros cúbicos), de acordo com Dornelles (1992,).

Com o avanço da tecnologia, a produção de painéis, fez uso da casca de arroz e bambu, encontrando o destino para esses resíduos, possibilitando a solução de uma gestão ambiental ecologicamente correta e com a preservação ambiental. Utilizando a casca de arroz e bambu, foi encontrado o destino dos resíduos e obteve a solução através de uma gestão ambiental ecologicamente correta, e com a preservação ambiental.

Os painéis produzidos com casca de arroz e bambu apresentam características favoráveis de absorção de água e uma ótima resistência, sendo indicadas na construção civil.

Cabe salientar que a necessidade de novas espécies de madeira para a produção de painéis é de fundamental importância, pois, estima-se que já, na próxima década haja grande risco de faltar florestas de Pinus no Brasil, em especial na região Sul do país. Deste modo, objetivou-se a produção de painéis aglomerados, construídos com diferentes proporções de bambu, adição de casca de

arroz e adesivo à base de mamona, com o intuito de apresentar uma proposta inovadora, utilizando resíduos agroindustriais, priorizando a redução de descarte e redução de valor no produto finalizado.

2. OBJETIVOS

O presente trabalho tem como objetivo fabricar e avaliar painéis a partir da variação no percentual de partículas aglomeradas de bambu da espécie *Dendrocalamus giganteus*, e adição de casca de arroz, usando como adesivo a resina poliuretana bi componente a base de óleo de mamona.

2.1 Objetivos específicos

- Avaliar estatisticamente a influência dos resíduos de arroz com a concentração de resina poliuretana a base de óleo de mamona 12% em relação à massa de partículas bambu;
- Verificar a resistência física do painel através dos ensaios de inchamento em espessura e absorção de água, teor de umidade e densidade;
- Conferir a resistência mecânica através dos ensaios de flexão estática e tração perpendicular e arranchamento de parafuso (topo e superfície);
- Comparar os valores obtidos nos ensaios referente as amostras de painéis de bambu e casca de arroz com os trabalhos de pesquisadores da área.

2.2. Conteúdo Organizacional

O desenvolvimento do assunto apresenta-se em 7 capítulos à luz do referencial teórico, para uma melhor compreensão dos conteúdos abordados, conferindo a esse trabalho, clareza e fidedignidade.

Capítulo 1 – Introdução

Este capítulo contém os principais conceitos utilizados nesta pesquisa, bem como trabalhos publicados de outros autores relevantes a linha de pesquisa de materiais lignocelulósicos, além da explicação sobre painéis composto por

partículas, sua classificação, propriedades dos materiais alternativos bambu e casca de arroz, com resina poliuretana a base de óleo de mamona.

Capítulo 2 – Objetivos

Os objetivos estão definindo a finalidade deste trabalho científico, bem como meta atingida com a elaboração da pesquisa com clareza, no intuito da tomada de decisão quanto aos aspectos metodológicos da pesquisa.

Capítulo 3 – Revisão Bibliográfica

Essa pesquisa fundamenta-se em obras bibliográficas de autores que dominam o assunto, em documentos de órgãos governamentais e de publicações em revistas, livros e sites científicos da Internet.

Fazem parte desse capítulo os principais conceitos, registrados nessa pesquisa, sobre materiais lignocelulósico, além do esclarecimento sobre painéis compostos por partículas, sua classificação, propriedades dos materiais alternativos bambu e casca de arroz, com resina poliuretana à base de óleo de mamona.

Capítulo 4 – Materiais e Métodos

Neste item são apresentados os materiais e equipamentos utilizados nesta pesquisa, bem como a metodologia desenvolvida para confecção dos painéis de partículas e elaboração dos testes físicos e mecânicos afim de determinar as propriedades do material em estudo.

Capítulo 5 – Resultados e Discussões

Neste capítulo são apresentados os resultados analíticos, e estatísticos obtidos através dos ensaios experimentais para cada traço dos painéis compostos por partículas de bambu e casca de arroz, explicitando discussões sobre os aspectos comparativos entre os diferentes tipos de materiais lignocelulósico abordados nesta literatura.

Capítulo 6 – Conclusões finais

Nesse capítulo estão as conclusões referentes aos objetivos propostos, para essa dissertação.

Capítulo 7 – Sugestões para trabalhos futuros

Sugestões de alteração de parâmetros como base de novos trabalhos, a fim de elucidar outros aspectos relacionados a esse estudo e emprego de materiais lignocelulósicos, vêm expostos nesse capítulo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica traz informações sobre os materiais lignocelulósicos como os tipos de arroz, casca do arroz, bambu, painéis de MDP e resinas poliuretana a base de óleo de mamona; a questão da sustentabilidade, classificação, características física e mecânica dos painéis de aglomerados.

3.1. Produção de arroz

O arroz (*Oryza sativa*) é um dos cereais mais produtivos e consumidos no mundo, caracterizando-se como principal alimento para mais da metade da população mundial. Sua importância é destacada principalmente em países em desenvolvimento, tais como o Brasil, onde desempenha papel estratégico em níveis econômicos e sociais (WALTER *et.al.*, 2008). Por ser um produto básico, presente na mesa do cidadão no dia a dia, tornou-se destaque em muitos países e com isso movimentou a gastronomia por ser rico em proteínas. Somando-se ao estado de Santa Catarina, a produção do Rio Grande do Sul obteve uma produção de 74% que representa a produção nacional; desta, cerca de 95% é de arroz irrigado, (VIEIRA, 2012). Santa Catarina é considerado o segundo estado a produzir mais arroz. Dados confirmam que é plantada em torno de 151.100 hectares, colhidas 984.000 toneladas com uma lucratividade de 6.513 kg/ha (130sacos/ha), segundo IBGE, (2012). Assim, Lhamby *et al.* (2010) afirmam que o arroz é um dos principais produtos de impacto na economia.

Devido a grande produção de arroz no Brasil, é gerada grande quantidade de resíduos agroindustriais, provenientes da monocultura, graças à larga escala de consumo. Tais resíduos são encontrados por ocasião do beneficiamento do arroz, com destaque, pela quantidade, na Região Sul do país (SILVA *et al.*, 2012).

Levando-se em conta que o arroz é produzido em várias partes do mundo, também existem vários tipos de arroz, sendo que os mais conhecidos são: **Arroz polido (branco)**: É o arroz de grãos longos e finos, também chamado de agulhinha. Em seu processo de fabricação sua casca é retirada diminuindo suas características nutritivas.

Arroz integral: Tem aparência mais escura, devido à presença da camada de farelo e do germe, que não é processado como no caso anterior. Encontra-se uma maior quantidade de fibras, proteínas, cálcio, fósforo, ferro e vitaminas do complexo B.

Arroz parbo ilizado: Possui alto valor nutricional, seu processo de fabricação dá-se por um método de cozimento dentro da casca, o que faz com que os nutrientes passem da camada externa para parte interna do grão, preservando seus nutrientes e fibras.

Arroz preto: Nesse tipo de arroz, é encontrado um elevado teor de ferro, contém mais proteínas e fibras, menos gordura e menor valor calórico, comparado ao arroz integral.

Arroz vermelho: Parcialmente polido retendo maior número de nutrientes, rico em ferro, zinco e fibras substância que pode auxiliar na redução do nível de LDL. Sua forma mais comum é a espécie *Oryza sativa* L., considerada por muitos como praga, pois causa prejuízos às lavouras de arroz branco, produto consagrado pela população humana.

Arroz selvagem: Este grão é pobre em gorduras e rico em proteínas, é também uma boa fonte de potássio, fósforo, fibras e vitaminas. Seu sabor e aroma são marcantes, lembrando o das ervas. Também conhecido como *Zizania* ou Grão de Água, durante séculos foi o alimento básico dos Índios Chippewa. O seu grão, de maior comprimento e de cor escura, cresce de forma selvagem e natural em pequenas produções nas margens dos grandes lagos da América do Norte.

Arroz arbório: Variedade italiana que teve o seu nome inspirado na cidade de sua origem, Arbóreo. Seus grãos medem entre 5 e 6 mm e possuem enorme capacidade para absorver uma quantidade de líquidos de até 3 vezes o seu volume original. Apresenta uma quantidade elevada de amido. Ideal para preparar risoto, preparação mais cremosa.

Arroz basmati ou indiano: Possui grãos longos e superfinos, e aroma de excelente. Como o próprio nome já diz, é originário do norte da Índia e do Paquistão. É considerado pelos especialistas como um dos mais seletos e agradáveis. Tem como característica reter água durante o preparo sem que os grãos fiquem grudados, e seu valor nutricional é o mesmo do arroz branco.

Arroz japonês: Grão curto e arredondado. O arroz branco cozido, sem tempero, é chamado gohan. É a base de uma refeição tradicional japonesa, principal fonte de carboidratos, como elemento neutro em contraste com os sabores fortes das

conservas, da soja fermentada, das algas, do peixe e carne que compõe a culinária japonesa, geralmente bastante temperados com sal, açúcar, vinagre ou shoyu. Mesmo sem tempero, o sabor do arroz japonês é característico, e bem diferente da agulhinha.

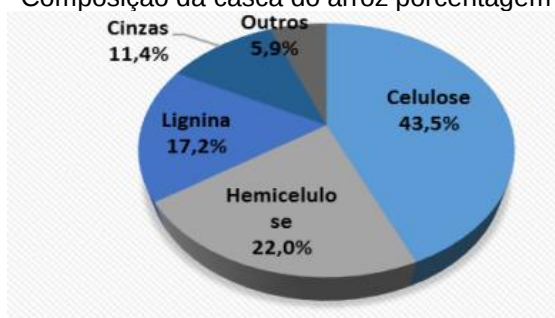
Arroz jasmine: Também conhecido como arroz tailandês, é originário daquele país e tem grãos bem brancos, longos e aromáticos. Possui os mesmos valores nutricionais que o arroz branco.

3.2. Casca do Arroz

No Brasil são geradas grandes quantidades de resíduos agroindustriais provenientes da monocultura, com a finalidade de obtenção de produtos alimentícios em larga escala. Em relação a estes resíduos destaca-se a casca de arroz oriunda do seu beneficiamento, principalmente, na Região Sul do país. Conforme pesquisa realizada pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) da safra de 2012/2013, o estado do Rio Grande do Sul foi responsável por 64,35% da produção nacional, seguido de Santa Catarina, Mato Grosso e Maranhão, responsáveis por 8,25%, 5,36% e 4,42%, respectivamente. Além disso, segundo dados do MAPA, foram produzidos 11,9 milhões de toneladas de arroz, e destes 20% são considerados rejeitos, ou seja, aproximadamente 3,38 milhões de toneladas, assim, a casca representa o subproduto mais volumoso da cultura do arroz.

A Casca do arroz é um subproduto do beneficiamento do grão do arroz, devido a grande produção e conseqüentemente o aumento desse resíduo, reforça a necessidade de um aprofundamento dos estudos. No que diz respeito à casca, em sua composição há um teor de cinzas de 11,4%, cinzas compostas de 80-90% de SiO_2 , 5% de K_2O , 4% de P_2O_5 e 1-2% de CaO e pequenas quantidades de Mg, Fe e Na. Segundo Ferreira, (2005) sendo os compostos orgânicos a celulose, a hemicelulósico e a Lignina, conforme Figura1.

Figura 1 – Composição da casca do arroz porcentagem em massa



Fonte Adaptado por Ferreira (2005)

A casca de arroz também tem outras utilidades, onde podem ser encontrados até seis vezes mais dióxido de silício (ou sílica) do que em outros cereais, este composto químico, cristalino, é responsável pela diversidade. Sendo possível a utilização na produção de borracha, cimento e até mesmo alguns componentes eletrônicos.

3.3. Processo de Descasque do Arroz

Em um beneficiamento, ocorre primeiro o recebimento do arroz com casca; após esse recebimento, é realizado o processo de descasque do mesmo, onde ocorre a separação do grão e da casca. Em seguida, a casca é armazenada em um silo, depois ela é transportada num sistema tipo caracol até o silo que abastece uma fornalha onde ocorre a queima. Por fim, o calor, emanado da fornalha aquece a caldeira com água, produzindo o vapor necessário para impulsionar a turbina, que está associada a um gerador síncrono de energia, proporcionando então a energia em quilowatt.

Durante o processo de extração da sílica da casca de arroz, além de aproveitar um resíduo agrícola normalmente desprezado (e poluente), é um recurso renovável e inédito na construção civil, onde serve de alternativa às sílicas obtidas como resíduos da produção de ligas de ferro-silício ou silício metálico. Com esses resíduos siderúrgicos obtêm-se uma sílica que deve ter pelo menos 85% de pureza, conforme especificações da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

Segundo *Lhamby, et al. (2010)* a utilização do aproveitamento dos resíduos da casca de arroz (figura 2) para a geração de energia torna-se uma oportunidade para que as empresas desenvolvam vantagens competitivas, e com isso contribuam

de forma efetiva para evitar danos ao meio ambiente. Tais ações ambientalmente corretas vão refletir nos custos de produção, uma vez que a própria geração de energia e calor vão fazer seu diferencial.

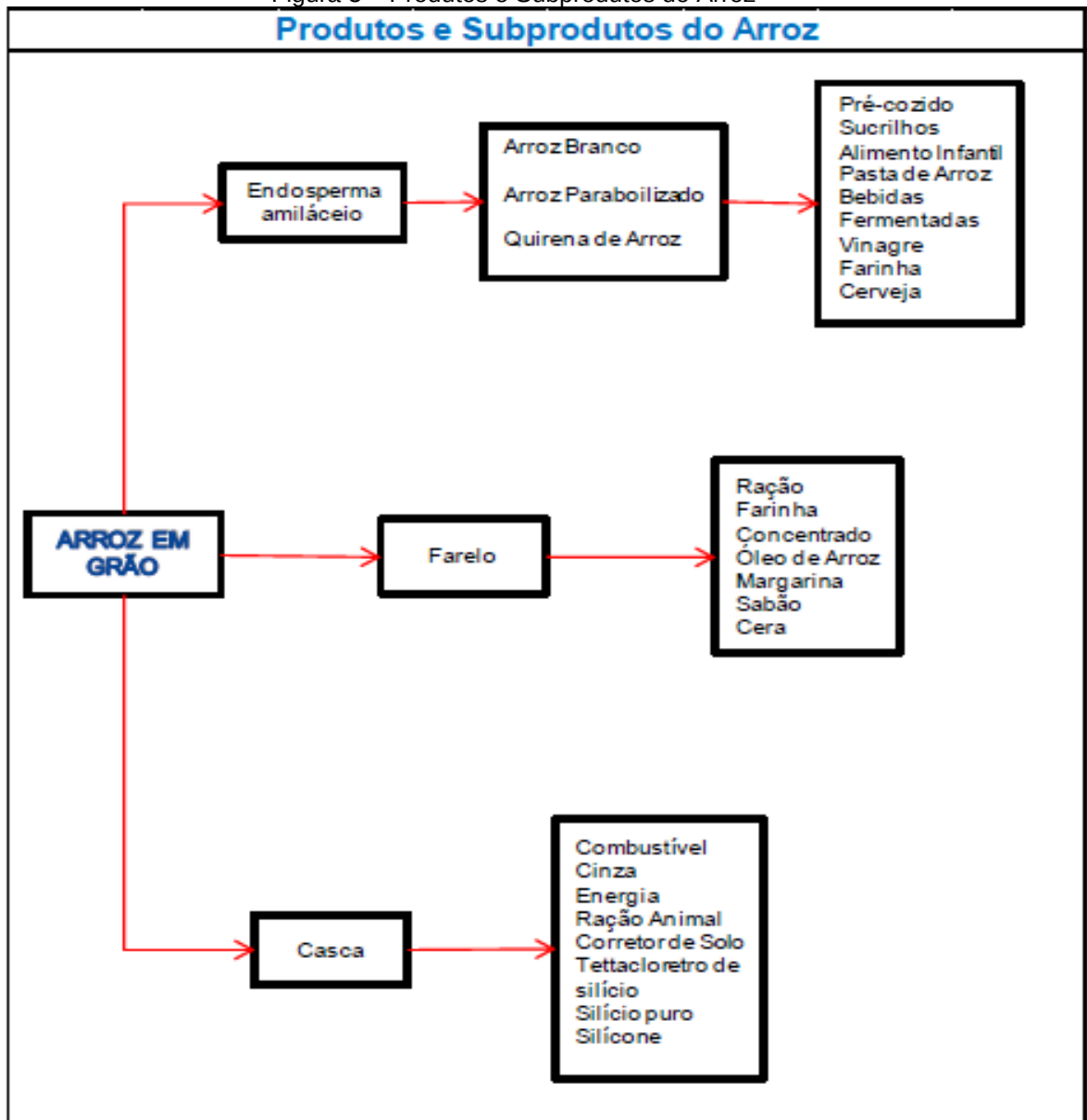
Figura 2 – Casca de Arroz



Fonte: www.plantarcrescercolher.blogspot.com.br

Diversas são as utilidades do arroz, por ser um produto com grandes propriedades e uma fonte de vitaminas, proteínas, carboidratos, lipídios, minerais, ácidos fenólicos e ácido fitico (WALTER, 2008). Diversos são os subprodutos do arroz; dentre eles estão: o farelo, ração para cachorro, a falha, a cinza, a casca entre outros como estão representados na Figura 3.

Figura 3 – Produtos e Subprodutos do Arroz



Fonte: Dalon, (2012)

Ortiz (2005) relata que com a queima, em uma caldeira, a biomassa gera energia térmica que se desprende em forma de vapor, sendo direcionada a uma turbina, responsável pela transformação em energia mecânica. Segue, posteriormente para o gerador que transforma em energia elétrica, utilizada ou transmitida à rede de distribuição.

Segundo, Mayer *et al.* (2006) diante da sua pesquisa relata que a utilização adequada da biomassa casca do arroz pode ajudar a dar benefícios ao meio ambiente, agrega valor ao arroz produzido pela indústria de beneficiamento e a sua queima controlada tem valor energético. Utiliza-se como forma de gerar vapor para a

secagem e no processo de parboilização e ainda em muitos casos as sobras são levadas aos terrenos ao céu aberto.

Segundo *Chen, (1980)* destaca-se que, economicamente, a utilização da casca de arroz na confecção de painéis aglomerados pode ser viável, pois os custos para o transporte da casca de arroz são competitivos com os custos para o transporte de partículas de madeira. A aquisição, no entanto, da casca de arroz pode sair mais barata, por se tratar de um resíduo agrícola que, na maioria das vezes, não é aproveitado. Já a madeira utilizada na produção de partículas poderia ser utilizada para manufatura de produtos de maior valor agregado. Por ser de difícil decomposição e pelo alto percentual de sílica que possui, esse resíduo constitui um problema ambiental e de saúde, sobretudo nas regiões onde o cultivo do arroz se faz em larga escala. A partir do momento em que esse material for incorporado em um processo produtivo como uma matéria-prima alternativa a manufatura de painéis, ele será valorizado e deixará de ser um resíduo. Essa tecnologia da fabricação de painéis aglomerados utilizando a casca de arroz vem ganhando um importante enfoque, especialmente nos países asiáticos, que são os principais produtores de arroz.

3.4. O Bambu

Os bambus pertencem a família de gramíneas e sub-família *Bambusoideae*, algumas vezes como pertencentes a família *Bambusaceae*, com aproximadamente 45 gêneros e mais de 1000 espécies espalhadas pelo mundo. O bambu é uma espécie florestal de grande valor e utilidade, devida a sua ampla possibilidade agronômicas como matéria-prima fibrosa industrial, e suas diversas aplicações, principalmente na utilização das chapas de partículas aglomeradas PEREIRA, (2005)

O bambu foi introduzido no Brasil na época da colonização, sendo a espécie *Dendrocalamus giganteus*, (Figura 4) adaptável, principalmente as regiões tropicais e subtropicais. Tornou-se comum, porém com um elevado potencial ainda ocioso (PEREIRA, 2005).

Figura 4 – Touceira de bambu da espécie *Dendrocalamus giganteus* do laboratório de experimentação em bambus do Departamento de Engenharia Mecânica da UNESP-Bauru-SP



Fonte: Moizés (2006)

A utilização e interesse pelo bambu está relacionado com a perenidade das touceiras e ao seu rápido desenvolvimento vegetativo que viabiliza colheitas após a brotação, de dois a três anos, e elevados níveis de produção (BERALDO e AZZINI, 2004).

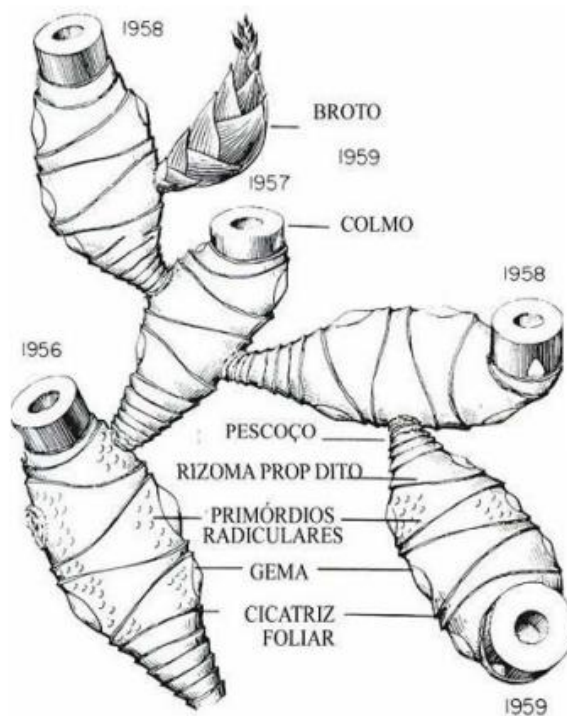
A principal característica biológica do bambu está relacionada com o desenvolvimento dos colmos, os quais crescem anualmente, aumentando suas dimensões até atingir o limite da espécie. Embora a touceira seja perene, o ciclo de vida dos colmos depende de cada espécie.

3.4.1- Cultura do bambu

Ainda que seja uma gramínea Silva (2005) relata que os bambus possuem hábito arborescente e tal como as árvores, na parte aérea possuem colmos, folhas e ramificações e na parte subterrânea apresenta rizoma e raízes. Compreende-se o rizoma de um caule subterrâneo provido de nós e entrenós, com folhas reduzidas a escamas, e que se desenvolvem em paralelo à superfície do solo. Não devendo ser confundido com a raiz, que é uma parte da planta com funções completamente diferentes (SILVA, 2005). Conforme National Mission on Bamboo Applications – NMBA (2004), quanto ao tipo de rizomas, há basicamente dois grupos diferentes de bambus: os entouceirantes formam touceiras (simpodiais) e os alastrantes (monopodiais). Muitos autores propõem o semi-entouceirante (anfipodial)

apresentado na (Figura 5) tipos de rizomas. Os termos “monopodial” e “simpodial” foram introduzidos por McClure em 1927 na China e em Washington revelou os conceitos de “leptomorfo” e “paquimorfo”, respectivamente. Atualmente os termos “leptomorfo” e “paquimorfo” são usados nas Américas por botânicos e taxonomistas, e “monopodial” e “simpodial” na Ásia (LÓPEZ,2003).

Figura 5 – Tipo de Rizoma Paquimorfo ou entouceirante



Fonte: LOPEZ,2003

Segundo Pereira, 2007 os bambus nascem com o diâmetro que terão por toda a sua vida. Este diâmetro é maior perto da base e vai diminuindo, com a altura, em direção à ponta (ou seja, o bambu é geometricamente um tronco de cone), mas nunca aumenta com o passar dos anos, o que ocorre normalmente com as espécies arbóreas. Atinge o seu diâmetro máximo por volta do quarto ou quinto ano após o plantio: maior perto da base, diminuindo com a altura em direção à ponta. O comprimento de seus internós aumenta da base até o meio do colmo, diminuindo daí em direção ao topo, tendo em média de 20 a 35 cm, na maioria das espécies.

Colhido e manejado corretamente, quase não se percebe que foi efetuada uma colheita, pois a plantação continuará repleta de indivíduos mais jovens. Em áreas degradadas, o plantio de bambu ajuda a recuperar o solo e conter a erosão, além de aumentar a umidade relativa do ar, dando suporte ao crescimento de

espécies arbóreas nativas. Conhecido como “a planta dos mil usos” e “a madeira dos pobres”, o Bambu é também um material naturalmente tecnológico, conhecido como “aço vivo”, graças à sua alta resistência à ruptura, à tração e sua grande flexibilidade. (PEREIRA,2007).

3.4.2 Utilização Industrial do bambu

O bambu é uma das espécies vegetais mais utilizadas nos países do continente asiático, sendo quase impossível relacionar suas múltiplas e variadas utilizações, principalmente no Japão. Com esse nível de utilização, suprimindo as necessidades básicas de uma grande parte da população mundial, não é difícil compreender a importância econômica, social e cultural que o bambu oferece, em especial aos países da Ásia. Industrialmente, pode-se obter com os colmos de bambu vários produtos, destacando-se seu uso na produção de fibras celulósicas para papel, broto comestível, carvão e painéis laminados ou compensados (BERALDO, 2013). O bambu contribui para a diminuição do desflorestamento vindo substituir a madeira nobre. Na figura 6 organograma mostra as diferentes áreas na utilização do bambu, tanto natural quanto na forma processado através da industrialização PEREIRA, (2006).

Figura 6 – Organograma de possibilidades de utilização dos bambus (PEREIRA, 2006).



Fonte: Pereira,2006

3.4.3 Propriedades Físicas do bambu

As principais propriedades físicas do bambu são: teor de umidade, variações dimensionais em função das variações de umidade e massa específica.

Segundo (Beraldo e Rivero), 2003 definem teor de umidade de um colmo de bambu recém cortado é de cerca de 80%. Podendo variar conforme em função de idade e da posição escolhida no mesmo para se efetuar a amostragem, e da época do ano em que foi feita o abate. Após o corte bambu necessita de quatro meses de secagem ao ar, para que o colmo atinja uma umidade de 10 a 15%, dependendo da espessura da parede do colmo. A secagem torna-se uma operação importante para etapas do processamento do bambu, desde a colagem com outros materiais e as melhorias das propriedades mecânicas. Durante a secagem do colmo, podem aparecer problemas ligados as variações de dimensionamentos lineares, as quais são variáveis em função do eixo geométrico, podendo notar a presença de fissuras longitudinal ao colmo, as quais são mais importantes do que aquelas observadas em madeiras, devido à ausência de raios no bambu. A quantidade de nós na região do colmo pode favorecer a presença de fissuras e quanto maior a espessura da parede do colmo, maior será a fenda.

3.4.4- Massa Específica do bambu

Segundo (Liese) 1998 define a massa específica aparente dos bambus varia entre 500 a 800 kg/m³, 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. Desse modo, 50% das fibras encontram-se na terça parte mais externa da parede do colmo, região mais resistente. Quanto às camadas interna e externa da parede é possível dizer que são maiores na parte basal do colmo e menores mais perto do topo, devido ao aumento da massa específica na parte interna e redução na espessura da parede pois apresenta, internamente, menos parênquima e mais fibra. Ao longo do colmo, a massa específica aparente aumenta da base em direção ao topo. O autor comentou, ainda,

ser a região nodal mais densa que as outras devido a um acúmulo de vasos e fibras e, conseqüentemente, maior compressão entre eles.

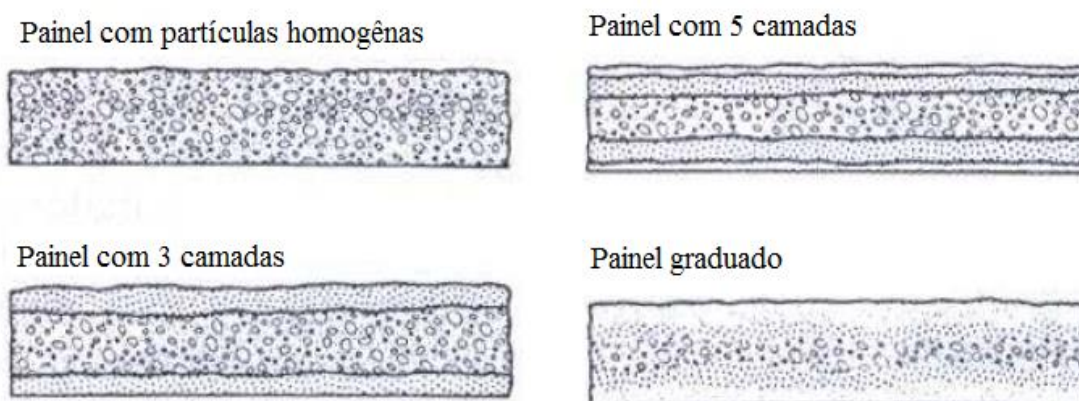
3.5. Produção de painéis de partículas aglomeradas

É regulamentada pela NBR 14.810 de 2002 que define as chapas de painéis da seguinte forma: Produto em forma de painel conhecido como MDP variando de 3 a 50 mm de espessura, constituído por partículas de materiais lignocelulosico com resinas naturais ou sintéticas, termofixas, sob pressão e calor. A geometria das partículas e sua homogeneidade, os tipos de adesivos, a densidade e os processos de fabricação podem ser modificados para produzir produtos adequados aos finais específicos. Durante o processo de fabricação, podem ser ainda incorporados aditivos para prover painéis com características especiais (ABNT, 2002).

A produção de painéis aglomerados depende de vários fatores importantes que estão relacionados entre si, que de forma direta ou indireta, influenciam em suas propriedades físicas e mecânicas. As variáveis de processo como a geometria de partículas, teor de umidade, tipo e quantidade de resina e ciclo de prensagem, devem ser consideradas dentro dos critérios e padrões recomendados industrialmente (*IWAKIRI et al., 1999; IWAKIRI et al., 2001 apud SANCHES, 2012*).

Portanto o que diferencia o aglomerado dos painéis é a granulometria das partículas, sendo classificados em: painéis homogêneos de apenas uma camada, painéis de múltiplas camadas, o qual possui camadas bem definidas e que diminui de granulometria do centro para das extremidades, painéis de camadas graduadas que suas camadas também diminuem de granulometria do centro para as extremidades, porem estas não são distintas quanto o anterior e o painel de partículas orientadas (OSB). Esta classificação pode ser visualizada através da Figura 7.

Figura 7 – Sistema de distribuição de partículas painel aglomerado



Autor: Fonte adaptado por Mosleni (1974)

3.5.1. Painéis MDF *Medium Density Fiberboard*

O painel de Fibra de Média Densidade (MDF) surgiu na década de 60 propondo inovações tecnológicas na sua manufatura como uma forma de agregar valor à madeira de baixa qualidade, aproveitando toda a madeira maciça, eliminando defeitos naturais tais como anisotropia, nós, presença de medulas, desalinhamento da grã e melhorando o desempenho em relação aos outros tipos de painéis existentes no mercado (MALONEY, 2003).

3.5.2. Painéis MDP *Medium Density Particleboard*

A partir da metade da década de 1990, as empresas brasileiras investiram na modernização tecnológica, passando do processo de produção de aglomerado da prensagem cíclica para a prensagem contínua, o que conferiu ao produto melhores características de resistência (melhor resistência ao arrancamento de parafusos, menor absorção de umidade e empenamento), e implementaram a modificação da nomenclatura para MDP, ou painel de partículas de média densidade, numa tentativa de dissociar o novo produto do aglomerado tradicional (MATTOS *et al.*, 2008).

Já os Painéis de Partículas têm sua construção parecida com o MDP, porem ao invés de camadas de partículas de tamanhos diferentes, as partículas de vários tamanhos são misturadas juntas formando um colchão homogêneo. Assim como no MDP essas partículas são aglutinadas e compactadas

entre si, apresentando homogeneidade e uniformidade, utilizando a resina sintética ou natural, através da ação conjunta de pressão e calor em prensa. A principal indústria consumidora deste tipo de painel é a movelaria que a utiliza nas partes internas de móveis ou partes que não são expostas ou que não são usinadas, pois seu acabamento a usinagem não é bom e outra boa parte é destinada a aplicações estruturais, degraus de escada, pisos residenciais, assoalhos para casas e até vigamento de telhados, (GONÇALVES, 2000).

A produção envolve uma série de etapas monitoradas, refletindo num produto de alta qualidade e desempenho. A Figura 8 mostra as etapas da fabricação de painéis aglomerados:

Figura 8 – Processo de Fabricação de painéis aglomerados



Fonte: Adaptado de IWAKIRI *et al.* (2005).

- **Geração de partículas** – As toras como matéria-prima ou outro resíduo lignocelulósico como o bambu também podem ser aproveitados nessa etapa. Esse processo pode ser realizado por equipamentos com sistemas hidráulicos ou mecânicos, como picadores e moinhos de martelos. O material fino, de menor granulometria, é armazenado internamente em ambientes protegidos, como silos, para evitar o espalhamento pela ação dos ventos, onde se reduz a umidade das partículas de 2 a 4% de umidade.
- **Secagem** – A determinação do teor de umidade das partículas, é de ampla importância na melhoria das propriedades do painel. O teor de umidade

influencia diretamente na cura da resina, no tempo de prensagem e na pressão necessária para consolidação do painel até a espessura final desejada (BARROS FILHO, 2009).

- **Classificação** – Após a secagem, este sistema consiste na separação das partículas que são classificadas por meio de peneiras de diversas granulometrias, com a obtenção de remover as partículas mais finas e a mais grossa. (Iwakiri et al.2005)
- **Aplicação de adesivos e aditivos químicos** – O adesivo representa um alto custo na produção do painel, podendo chegar até 35% do valor do mesmo. Portanto, sua aplicação e feita de atitude otimizada. Em um painel geralmente são utilizados de 6 a 12%, em relação ao peso seco das partículas .Quando os painéis são homogêneos, a aplicação do adesivo sobre as partículas é realizada no mesmo aplicador, porém se os painéis forem multicamadas, a aplicação do adesivo é realizada separadamente para partículas da camada interna e das camadas externas do painel, em dois aplicadores distintos (IWAKIRI et al., 2005).
- **Formação do colchão** – Esse é o processo de deposição das partículas combinadas com adesivo sobre uma esteira móvel, em quantidade pré-determinada em função da densidade e espessura do painel. No equipamento formador do colchão há um reservatório onde é dosado o material que vai para o sistema de distribuição sobre a esteira móvel (IWAKIRI et al., 2005).
- **Pré prensagem do painel** – Após a formação do colchão, o painel passa pela pré-prensagem que tem como objetivo reduzir a altura do colchão, para melhorar a sua consistência e facilitar o carregamento até a prensa quente (IWAKIRI et al., 2005).
- **Prensagem a quente** – Segundo Iwakiri et al. (2005), a pressão aplicada pode variar a densidade do material. Já a temperatura de prensagem é definida de acordo com a temperatura necessária para a cura do adesivo,

podendo variar de 110°C a 200 °C. O tempo de fechamento da prensa é o momento inicial do contato dos pratos quentes da prensa com a superfície do colchão até atingir a espessura final do painel e está relacionado com a formação do gradiente vertical de densidade do painel. Por fim, o tempo de prensagem, que é o tempo transcorrido a partir do momento do início do fechamento dos pratos, passando pela fase do painel chegar a sua espessura final, até a abertura dos pratos da prensa.

- **Acabamento do painel** – Os painéis são resfriados e acondicionados após a saída da prensa, ainda quentes para permitir a continuidade do processo de cura da resina iniciado durante a prensagem a quente. Em seguida, é feito o processo de esquadrejamento e lixamento dos painéis que tem como objetivo eliminar quaisquer irregularidades na superfície do mesmo. Após o lixamento, as chapas são classificadas, pré-cortadas nas dimensões convencionais e armazenadas adequadamente (DIAS, 2005).

3.5.3 A indústria de painéis no Brasil

De acordo com SILVA, 2004 a primeira indústria a produzir chapas de madeira aglomerados foi em Curitiba em 1966, desde então outras indústrias se chapas foram se instalando na região Sul e Sudeste. Segundo ABIMÓVEL (2004).

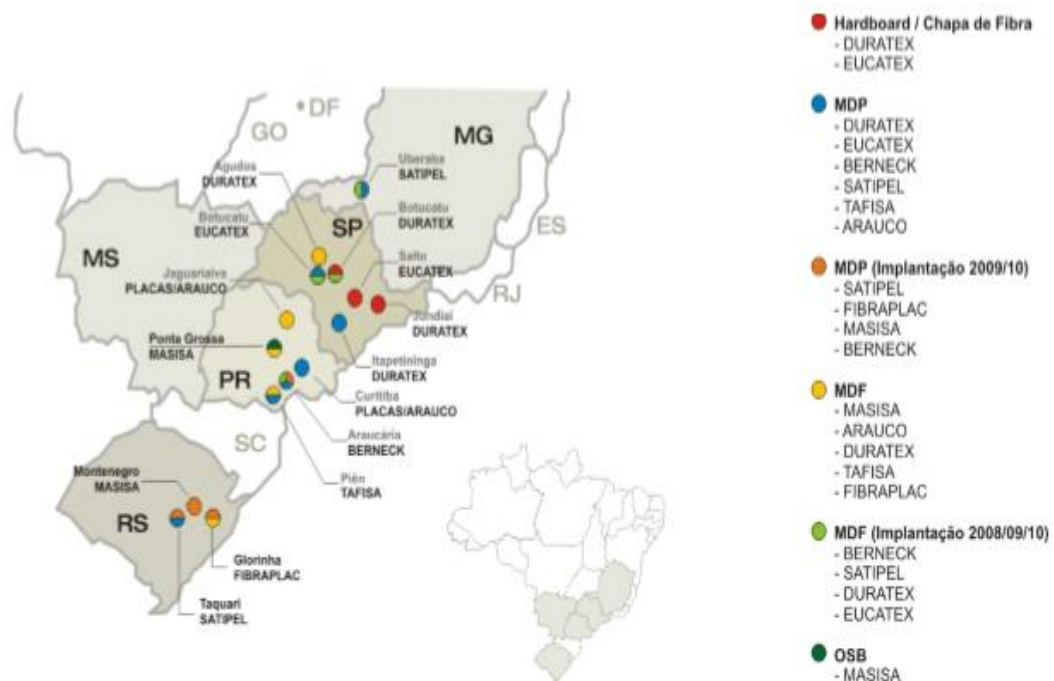
O grande marco da revolução do setor moveleiro passou a ser utilização da madeira ***Pinus spp e eucalyptus spp*** na fabricação dos painéis aglomerados, revolucionou o setor movimentando a indústria de produção de painéis, a partir da segunda metade dos anos 70. Nos anos 80, a indústria moveleira passou a demandar chapas de aglomerado revestidas com melamina (BP), principal insumo para a fabricação de móveis em todo o mundo.

Segundo Bueno (2014), nos últimos anos, a produção e o consumo da indústria de painéis de madeira industrializada apresentou o maior crescimento médio anual dentre os produtos florestais do Brasil. Esse aumento foi devido ao incremento do consumo doméstico e aos investimentos significativos realizados pelas indústrias do setor, as quais dobraram a capacidade nominal instalada na última década e a substituição de compensados pelos painéis de madeira na

produção de móveis. A primeira norma técnica brasileira para chapas de madeira aglomerada NBR 14.810 foi criada em 2002.

Segundo Brasil (2002b), a produção concentra-se nos únicos seis fabricantes brasileiros conforme a Figura 9, onde concentra-se nas regiões Sul e Sudeste, principais centros de consumo e onde se localizam os principais polos moveleiros.

Figura 9 – Localização dos fabricantes brasileiros de painéis



Fonte: APIBA 2006

3.5.4 Fabricação de painéis com materiais alternativos

Várias pesquisas foram realizadas na aplicação de materiais alternativos, com soluções de reaproveitamento de insumos e resíduos agroindustriais. Nas regiões brasileiras apresenta uma utilização adequada dos recursos renováveis, com reutilização na fabricação de painéis.

Arelado as pesquisas e com objetivo de analisar as propriedades dos painéis de material particulado, fabricados com fibras e resíduos de aproveitamento da agroindústria com bambu, bagaço da cana-de-açúcar, casca de arroz, palmito, fibras de coco, e outros.

Para Bueno (2014), os testes avaliados para painéis de *medium density fiberboard* fabricados com bagaço de cana-de-açúcar e madeira de reflorestamento, a densidade alvo da pesquisa foi alcançada se enquadrando dentro do estabelecido pela NBR 15316-2 (2009), como painel de fibras de média densidade; quanto ao teste de inchamento em espessura e absorção de água, para os períodos de 2h e 24h os colchoes com 100% de fibra de cana-de-açúcar alcançaram os melhores resultados entre os painéis fabricados em laboratório, assim como os testes para MOE e MOR, bem como tração perpendicular, o que viabiliza a utilização do painel de acordo com a norma.

Nascimento (2015) relata que a composição de painéis particulados pode ser empregado como matéria prima: material florestal proveniente de desbaste e poda; resíduos industriais grosseiros, tais como costaneiras, sobra de destopo, miolos de toras laminadas; resíduos industriais finos, tais como pó-de-serra e cavaco de plaina; cavacos de madeira do beneficiamento de indústria de móveis e carpintaria; materiais lignocelulosico com bagaço de cana, palha de arroz, bambu ou mesmo as fibras de sisal, juta, casca de coco, etc.

Valarelli (2016), em sua tese de livre docência onde verifica as potencialidades da utilização do resíduo de bambu e pupunha aplicado aos painéis de partículas de alta densidade. Para tanto, as aplicações estruturais devem se apresentar em condições secas na indústria moveleira e na construção civil, uma vez que se constatou que a mistura de partículas de materiais alternativos, permitiu a obtenção de um painel leve, com desempenho físico-mecânico satisfatório aos propósitos. Isso se tornou fundamental para a redução do custo do produto bem como minimização de consumo de recursos naturais.

Batistelle *et al.* (2005), em outro trabalho de análise de intemperismo natural em chapas de partículas compostas de resíduos agroindustriais, recomenda o emprego das chapas de partículas compostas por resíduos, bambu e celulose para ambientes internos. Para tanto, as aplicações estruturais devem se apresentar em condições secas na indústria moveleira e na construção civil, uma vez que se constatou que a mistura de partículas de materiais alternativos, permitiu a obtenção de um painel leve, com desempenho físico-mecânico satisfatório aos propósitos. Isso se tornou fundamental para a redução do custo do produto bem como minimização de consumo de recursos naturais.

Belini, (2011) aferiu a proporção de bagaço de cana e partículas de eucalipto em painéis MDF usando infravermelho próximo (NIR). Segundo o autor, painéis de MDF com diferentes teores de bagaço foram facilmente distinguidos uns dos outros pela PCA. Os modelos PLS-R das amostras de MDF revelou um forte coeficiente de determinação (0,96) entre os valores NIR-previstos e determinados;

Araujo, (2015) constou em sua Dissertação de mestrado, uma análise sobre as propriedades físicas e mecânicas em painéis de aglomerados com resíduos de casca de café. Tal recurso, segundo ele, poderia ser utilizado em painéis que trouxesse conforto térmico e acústico e até mesmo, decorativo, como por exemplo, na fabricação de lambris ou de pequenos objetos, para aproveitamento dos resíduos.

Marinho, Marinho (2012) elaborou sua pesquisa para a Dissertação de mestrado, fazendo uma análise das fibras do bambu e o potencial de aplicação em painéis MDF, realizadas por meio de MEV. Nas regiões de fratura as fibras se mostraram desalinhadas, evidenciando pouca adesão interfacial. O resultado se mostrou insuficiente diante da ancoragem por parte do adesivo, refletindo inferior desempenho mecânico. Também foi observado que as fibras do bambu têm paredes espessas e rijas, com diâmetro pequeno e, portanto, de difícil penetração do adesivo por capilaridade, provocando falhas na distribuição da resina.

3.6. Adesivos

Segundo Bueno, (2014) a mais de dois mil anos antes de Cristo, os adesivos eram utilizados pelo homem, sendo os egípcios os primeiros que empregavam a goma arábica retirada a essência de algumas arvores, do ovo e da borracha. Após a primeira guerra mundial começaram a surgir novos tipos de adesivos com características de ser empregada a temperatura ambiente e com resistência a água, sendo até hoje utilizados na colagem, de peças estruturais de madeira para uso interno.

O adesivo é o componente de maior custo na produção de painéis aglomerados e de fibras. Portanto, a quantidade a ser aplicada deve ser otimizada em função das propriedades requeridas para a finalidade a que se destina. A quantidade de adesivo a ser utilizada num painel, é determinada em função do

conteúdo de sólido resinoso e com base no peso seco das partículas de madeira, podendo variar na faixa de 5 a 10%.

Os adesivos utilizados para a confecção de painéis podem ser classificados em função de sua origem: adesivos naturais e sintéticos. Nesse segundo grupo ainda existe uma subdivisão de adesivos termoplásticos e termoendurecedores (IWAKIRI, 2005).

Os adesivos termoplásticos que amolecem na presença de calor e endurecem ao se resfriar. Esses adesivos têm como base o cloreto polivinílico e poliacetato de vinila. O adesivo termoplástico mais utilizado no segmento de móveis, colagem de lâminas e junções de painéis é o PVA (poliacetato de vinila) (IWAKIRI et al., 2005). Os adesivos termoendurecedores que possuem a capacidade de se solidificar através de algum procedimento químico, podendo ser ativado por calor ou catalisadores. Esses adesivos são representados, principalmente, por resinas à base de formaldeído (IWAKIRI et al., 2005). Irle (2012) diz que os adesivos mais utilizados na produção de painéis de partículas são: ureia-formaldeído, seguido de melamina-formaldeído e de fenol-formaldeído.

- **Ureia-formaldeído (UF):** É o adesivo mais utilizado na produção de painéis de partículas aglomeradas, seu emprego é mais restrito a painéis para uso em ambientes internos e tem como vantagens um menor custo, facilidade no manuseio, cura rápida e são incolores, não conferindo coloração desfavorável ao painel (IWAKIRI et al., 2005). Além desses pontos positivos, também tem a vantagem de não ser inflamável. Porém, sua colagem não é resistente a água. Sua cura ocorre em meios ácidos, essa acidez pode ser conseguida através da utilização de catalisadores como sulfato de amônia ou cloreto de amônia, ou também por meio da acidez natural da madeira (FRIHART, 2012). A temperatura de cura desse adesivo no centro do painel é de 100 °C; já a temperatura das bordas deve ter entre 160 °C a 190 °C, para resinas ureia E -1, mais atuais.
- **Fenol-formaldeído (FF):** É um adesivo classificado como de uso externo, possui coloração marrom avermelhada. É utilizado na produção de painéis estruturais que requerem alta resistência à umidade, como por exemplo, o OSB e o “waferboard”. Tem a desvantagem de ter um custo superior ao do

UF (IWAKIRI et al., 2005). Possui ótima durabilidade por apresentar boa adesão, alta resistência e estabilidade (FRIHART, 2012). A temperatura necessária para que ocorra a cura desse adesivo no centro do painel é de 121 °C a 160 °C, para isso as bordas devem estar a aproximadamente 200 °C (MALONEY, 1993).

- **Melamina-formaldeído (MF):** Possui boa resistência à água, portanto é mais utilizada na produção de painéis compensados e de uso exterior (FRIHART, 2012). Apresenta coloração branca leitosa, seu custo é maior do que UF e FF. O MF é mais resistente à água quando comparada com o adesivo UF e apresenta a cura mais rápida quando comparada com o FF (IWAKIRI, 2005). Segundo Maloney (1993), pode ser utilizada juntamente com UF em uma proporção de até 20 %, pois aumenta sua resistência à água.

3.6.1. Resina poliuretana a base de óleo de mamona

Conhecida internacionalmente como “Castor Oil” e, no Brasil, por “Caturra”, a mamona (*Ricinus communis*) Figura 10, é uma planta da família das *Euforbiáceas*, da qual é extraído o óleo de mamona, também conhecido como óleo de rícino. Esta planta é encontrada em regiões tropicais e subtropicais, sendo muito abundante no Brasil.

Figura 10 Lavoura de mamona

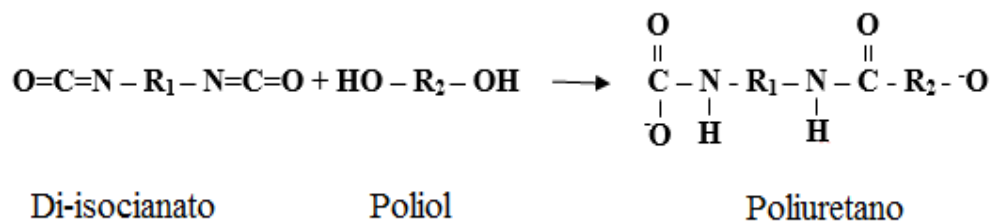


Fonte: JOSÉ (2006)

A mamona é uma planta aparente de forma de arbusto, com sistema radicular que se estende nas laterais e na profundidade, tem a parte aérea ramificada, variando a coloração verde e vermelha, variando dependendo da variedade. As folhas são lobadas, com forma variadas, sua influência apresenta flores femininas, na parte superior, e masculina na parte inferior. O fruto é uma cápsula tricoca com espinhos, apresenta até cinco cocas, abrindo-se em cocas bivalves, possui sementes lisas, carunculadas, oval de diferentes tamanhos e coloração e contém albúmen abundante e oleoso, Bruneton, (1991).

Segundo José, (2006), a extração das sementes de mamona tem com a finalidade de separar o óleo da matriz, que são os óleos vegetais, realizada através de prensa hidráulicas, são produzidos óleos de primeira qualidade e poucos corados. No processo de extração utilizando solventes orgânicos, temperatura e pressão, o rendimento é maior, mas, obtém-se uma coloração escura. A partir desse óleo torna-se possível sintetizar polióis e pré-polímeros com diferentes características que, quando misturados, dão origem a um poliuretano. Esta mistura poliól (à base de mamona) e pré-polímero a frio, leva à reação de polimerização Figura 11. Esta conduz à formação da poliuretana, podendo-se variar a porcentagem de poliól, que definirá maior ou menor dureza, bem como o emprego de catalisador adequado a fim de aumentar a velocidade da reação.

Figura 11: Representação química da formação de uma poliuretana.



Fonte: Adaptado de JOSÉ, (2006)

Em 1937, professor Otto Bayer, desenvolveu através de um processo a reação de isocianato (pré-polímero) com um poliól e com outros reagentes, tais como: agentes de cura, extensores de cadeia (contendo dois ou mais grupos reativos), catalisadores, agentes de expansão, surfactantes, cargas, etc. Os estudos desenvolvidos indicaram que chapas coladas com adesivos à base de poliuretana apresentavam propriedades superiores às das chapas coladas com adesivo fenólico. Possuíam a vantagem de não emanar formaldeído, além de apresentarem maior resistência à umidade, JOSÉ, (1964).

3.7. Sustentabilidade

Atualmente existem várias definições sobre sustentabilidade, criada pelos americanos com o propósito de definir o conjunto de normas que envolvem o presente e o futuro com a interação com o meio ambiente. O Centro Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD) definiu o desenvolvimento sustentável como sendo um processo de transformação, para atender as necessidades humanas de modo harmônico na exploração de recursos venha a favorecer o desenvolvimento tecnológico.

Portanto, quando um novo produto é lançado no mercado, além do custo benefício, devem ser igualmente considerados o custo benefício ambientais e sociais, desde o começo até o final da vida útil desse produto.

Teoricamente, o conceito de desenvolvimento sustentável é complexo na medida em que diz respeito a campos científicos diversos, ou seja, a uma multidisciplinaridade, que requer para sua compreensão, o estudo dos

comportamentos humanos econômicos e sociais, feito no âmbito da economia, administração, da Psicologia, da agronomia e de outras áreas do conhecimento. O estudo da evolução da natureza, especificamente é o objeto das ciências biológicas, físicas e químicas e, finalmente, recebe prioridade o estudo da configuração social do território, de que se ocupa a Geografia Sunkel, (2001).

Portanto, os principais conceitos sobre sustentabilidade são os desenvolvimentos social e econômico podem ser realizados mundialmente sem colocar em ameaça os ecossistemas do planeta. Pode ser concluída também pelo conceito de como a capacidade de garantir a qualidade de vida às sociedades e criar as condições necessárias para seu bem-estar. Kon; Sugahara,(2012).

3.7.1. Questões Ambientais

Na década de 60, a ONG Clube de Roma, debatia as questões ambientalistas, e neste ínterim alguns estudiosos em várias partes do planeta esboçavam os primeiros comentários sobre questões que envolviam o tema. Em seu primeiro relatório o Clube de Roma (Limits to Growth de 1972) impactou a comunidade científica ao apresentar cenários bastante catastróficos sobre o futuro do planeta se o padrão desenvolvimentista se permanecesse nos mesmos moldes vigentes da época.

Depois de vários relatórios foram elaborados todos com o mesmo fundamento: preservar o meio ambiente. Para isso havia a necessidade de se alterar o padrão desenvolvimentista. Podemos, então, citar alguns que são referência como Desenvolvimento Sustentável:

- Relatório do Clube de Roma: Limites do Crescimento (1968);
- Declaração de Estocolmo (1972);
- Relatório de Brundtland: Nosso Futuro Comum (1987);
- Declaração do Rio (1992);
- Agenda 21 (1992).

A Declaração de Estocolmo elaborou vinte e seis “princípios comuns que ofereçam aos povos do mundo inspiração e guia para preservar e melhorar o meio

ambiente humano”. No entanto, a relação desenvolvimento versus preservação ambiental ficou bastante ambígua conforme pode ser observado no Princípio 11, que diz:

“As políticas ambientais de todos os Estados deveriam estar encaminhadas para aumentar o potencial de crescimento atual ou futuro dos países em desenvolvimento e não deveriam restringir esse potencial nem colocar obstáculos à conquista de melhores condições de vida para todos. Os Estados e as organizações internacionais deveriam tomar disposições pertinentes, com vistas a chegar a um acordo para se poder enfrentar as consequências econômicas que poderiam resultar da aplicação de medidas ambientais nos planos nacionais e internacionais”. (DECLARAÇÃO DE ESTOCOLMO SOBRE O AMBIENTE HUMANO DE 1972).

3.7.2. Relatório Brundtland

Em 1987 a primeira-ministra da Noruega Gro Harlem Brundtland, foi nomeada pela ONU para coordenar os debates ambientais na Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento. O documento final desses estudos chamou-se Nosso Futuro Comum ou Relatório de Brundtland. A proposta era para o desenvolvimento sustentável definido como sendo aquele que atende às necessidades do momento sem, com tudo, comprometer as futuras gerações em suas necessidades. Nesta nova visão da relação homem/meio-ambiente fica claro que além do limite mínimo para o bem-estar da sociedade existe também um limite máximo para a utilização dos recursos naturais de modo que sejam estes preservados e perpetuados.

Segundo o Relatório da Comissão Brundtland, uma série de medidas deve ser tomada pelos países para promover o desenvolvimento sustentável. Entre elas:

- limitação do crescimento populacional;
- garantia de recursos básicos (água, alimentos, energia) em longo prazo;
- preservação da biodiversidade e dos ecossistemas;

- diminuição do consumo de energia e desenvolvimento de tecnologias com uso de fontes energéticas renováveis;
- aumento da produção industrial nos países não-industrializados com base em tecnologias ecologicamente adaptadas;
- controle da urbanização desordenada e integração entre campo e cidades menores;
- atendimento das necessidades básicas (saúde, escola, moradia).

Em âmbito internacional, as metas propostas são:

- adoção da estratégia de desenvolvimento sustentável pelas organizações de desenvolvimento (órgãos e instituições internacionais de financiamento);
- proteção dos ecossistemas supranacionais como a Antártica, oceanos, etc., pela comunidade internacional;
- banimento das guerras;
- implantação de um programa de desenvolvimento sustentável pela Organização das Nações Unidas (ONU).

Algumas outras medidas para a implantação de um programa minimamente adequado de desenvolvimento sustentável são:

- uso de novos materiais na construção;
- reestruturação da distribuição de zonas residenciais e industriais;
- aproveitamento e consumo de fontes alternativas de energia, como a solar, a eólica e a geotérmica;
- reciclagem de materiais reaproveitáveis;
- consumo racional de água e de alimentos;
- redução do uso de produtos químicos prejudiciais à saúde na produção de alimentos.

3.7.3. Agenda 21

O principal documento produzido na ECO-92, o "Agenda 21" é um programa de ação que viabiliza o novo padrão de desenvolvimento ambientalmente racional. Ele concilia métodos de proteção ambiental, justiça social e eficiência econômica. Este documento está estruturado em quatro seções subdivididas num total de 40 capítulos temáticos. Eles tratam dos seguintes temas:

- Dimensões Econômicas e Sociais – enfocam as políticas internacionais que podem ajudar o desenvolvimento sustentável nos países em desenvolvimento, as estratégias de combate à pobreza e à miséria, as mudanças necessárias a serem introduzidas nos padrões de consumo, as inter-relações entre sustentabilidade e dinâmica demográfica, as propostas para a promoção da saúde pública e a melhoria da qualidade dos assentamentos humanos.
- Conservação e questão dos recursos para o desenvolvimento – apresenta os diferentes enfoques para a proteção da atmosfera e para a viabilização da transição energética, a importância do manejo integrado do solo, da proteção dos recursos do mar e da gestão eco-compatível dos recursos de água doce; a relevância do combate ao desmatamento, a desertificação e a proteção aos frágeis ecossistemas de montanhas; as interfaces entre diversidade biológica e sustentabilidade; a necessidade de uma gestão ecologicamente racional para a biotecnologia e, finalmente, a prioridade que os países devem conferir à gestão, ao manejo e a disposição ambientalmente racional dos resíduos sólidos, dos perigosos em geral, dos tóxicos e radioativos.
- Medidas requeridas para a proteção e promoção de alguns dos segmentos sociais mais relevantes - analisa as ações que objetivam a melhoria dos níveis de educação da mulher, bem como a participação da mesma, em condições de igualdade, em todas as atividades relativas ao desenvolvimento e a gestão ambiental. Adicionalmente, são discutidas as medidas de proteção e promoção a juventude e aos povos indígenas, às ONG's, aos trabalhadores e sindicatos, à comunidade científica e tecnológica, aos agricultores e ao comércio e a indústria.
- Revisão dos instrumentos necessários para a execução das ações propostas - discute os mecanismos financeiros e os instrumentos e mecanismos

jurídicos internacionais; a produção e oferta de tecnologias ecos-consistentes e de atividade científica, enquanto suportes essenciais a gestão da sustentabilidade; a educação e o treinamento como instrumentos da construção de uma consciência ambiental e da capacitação de quadros para o desenvolvimento sustentável; o fortalecimento das instituições e a melhoria das capacidades nacionais de coleta, processamento e análise dos dados relevantes para a gestão da sustentabilidade. A aceitação do formato e conteúdo da Agenda - aprovada por todos os países presentes à Rio 92 - propiciou a criação da Comissão de Desenvolvimento Sustentável (CDS), vinculada ao Conselho Econômico e Social das Nações Unidas (Ecosoc). A CDS tem por objetivo acompanhar e cooperar com os países na elaboração e implementação das agendas nacionais, e vários países já iniciaram a elaboração de suas agendas nacionais. Dentre os países de maior expressão política e econômica, somente a China terminou o processo de elaboração e iniciou a etapa de implementação.

- Durante a participação das ONGS que participaram da ECO-21, desempenharam um papel fiscalizador, que pressionava os governos a cumprir as determinações da Agenda 21. Durante o período de 23 a 27 de junho de 1997, em Nova Iorque, foi realizada a 19ª Sessão Especial da Assembleia-Geral das Nações Unidas. Com o objetivo de avaliar os cinco primeiros anos de implementação da Agenda 21, o encontro identificou as principais dificuldades relacionadas à implementação do documento, priorizou a ação para os anos seguintes e conferiu impulso político às negociações ambientais em curso. Para os países em desenvolvimento, o principal resultado da Sessão Especial foi a preservação intacta do patrimônio conceitual originado na ECO-92. O documento final incorporou, assim, uma "Declaração de Compromisso", no qual os chefes de delegação reiteraram solenemente o compromisso de seus países com os princípios e programas contidos na Declaração do Rio e na Agenda 21, assim como o propósito de dar seguimento a sua implementação.

3.8. Resíduos

Quirino (2003) define resíduo como sendo tudo aquilo que sobra de um processo de produção ou exploração, de transformação ou de utilização. O mesmo autor apresenta a seguinte classificação para os resíduos, definida pela Comunidade Europeia:

- Resíduos urbanos ou também chamados de domésticos;
- Resíduos industriais;
- Resíduo industrial banal: não possui aditivos tóxicos, como a madeira sem tratamento e materiais de origem vegetal em geral;
- Resíduo industrial especial: Podem ser considerados;
 - ✓ Inerte: não libera nem reage com outro tipo de substância;
 - ✓ Último: sem possibilidades de transformação como as cinzas;
 - ✓ Tóxico ou perigoso: libera substâncias tóxicas durante o tratamento ou estocagem, como o resíduo nuclear. (QUIRINO, 2013, p.134).

Por sua vez, a Legislação Federal nº 12.305 de 02 de agosto de 2010 que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos no inciso X, regulamenta as ações diretas ou indiretas quanto as etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destino final ambientalmente adequado aos resíduos sólidos e rejeitos, conforme legislação municipal.

X - gerenciamento de resíduos sólidos: conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, de acordo com plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou com plano de gerenciamento de resíduos sólidos, exigidos na forma desta Lei. (CONSTITUIÇÃO FEDERAL – 2010).

Segundo a NBR 1004/2004, resíduos nos estados sólido e semi-sólido, resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam também incluídos nesta definição, os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, resultante dos equipamentos para controle de poluição, e dos líquidos quando suas particularidades, tornam inviáveis seu lançamento em rede pública.

Os resíduos vegetais, caracterizam-se por apresentar alta umidade, baixa densidade, grandes volumes, e dimensões variadas. Desta forma, demandam grandes áreas de estocagem ficando dispersos geograficamente, o que dificulta a

coleta e transporte dos mesmos, sendo estes, alguns dos motivos que levam a uma subutilização dessa matéria-prima.

3.8.1 – Resíduos Lignocelulósicos

Quirino (2003), define resíduos lignocelulósicos, como resíduos que apresentam em sua constituição lignina e celulose, juntamente com outros componentes, como as hemiceluloses e os extrativos, podendo ser de origem das culturas florestais, do processamento da madeira ou da madeira em uso como postes, móveis, estacas, dormentes, páletes, moirões, etc.; além de resíduos de culturas agrícolas produzidos no cultivo da terra, resíduos agroindustriais como casca de arroz, trigo, café; cascas de amendoim, aveia, frutos; e ainda sabugos, bagaço de cana e folhas, gerados no beneficiamento destes.

Os resíduos resultantes da exploração florestal, são em geral produzidos durante o processo de retirada da madeira nativa ou áreas de cultivo, e posterior industrialização da mesma. Neste caso os resíduos deixados nas áreas exploradas não são aproveitados, podendo ocasionar problemas nos tratos culturais subsequentes. Da mesma forma, ocorre em culturas agrícolas onde um volume considerável de descarte das colheitas permanece no campo, assim como no beneficiamento do produto agrícola, onde as “sobras” dos resíduos potencialmente possível de ser utilizada, acabam descartadas.

Sendo assim, os resíduos provenientes de materiais lignocelulósicos, podem ser reutilizados como matéria prima em processo de fabricação de painéis à base de partículas de madeira, como combustível na produção de calor, vapor ou eletricidade em grupos geradores, ou termelétricas.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Neste item são apresentados os materiais e equipamentos utilizados nesta pesquisa, de forma clara e objetiva.

4.1. Materiais utilizados:

Para a realização dos experimentos, foram utilizados resíduos de bambu, casca de arroz e a resina a base de mamona, relacionadas abaixo.

- Resina Poliuretana bi componente a base de óleo de mamona, fabricada pela Empresa Plural Industria e Comércio de Produtos Químicos Ltda, localizada no município de São Carlos/SP;
- Casca de Arroz de várias espécies foi coletada em uma propriedade rural da região de Torrinha interior do Estado de São Paulo;
- Bambu da espécie *Dendrocalamus giganteus*, com colmos de 4,5 anos de idade onde a resistência foi coletado no laboratório de Experimentação em Bambu pertencente ao Departamento de Engenharia Mecânica/FEB – UNESP campus de Bauru;

4.1.1. Equipamentos utilizados:

Os equipamentos utilizados para a fabricação dos painéis de partículas, e os ensaios Físico e Mecânicos realizados no Laboratório de Processamento da Madeira, o qual pertence ao Departamento de Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia da UNESP, campus de Bauru. Todos os equipamentos estão relacionados abaixo como segue a a NBR 14.810-2/2013.

- Prensa hidráulica, fabricação PHS, modelo PHH 80T, com força máxima de 80 toneladas e temperatura máxima dos pratos de 200°C;
- Prensa manual de madeira (pré-prensagem à frio);
- Picador industrial fabricado pela LIPPEL Metal Mecânica, modelo TM 30.
- Estufa de secagem fabricação SOLAB, modelo 102/480, potência de 4000 W, com temperatura máxima de 200°C;

- Balança digital fabricação Toledo, carga máxima de 15 kg, modelo 9094C/1 com divisão mínima de 0,1 kg;
- Balança digital, fabricação Marte, modelo BL 3200, carga máxima de 3,2 kg com divisão de 0,01g;
- Balança determinadora de umidade fabricante Marte, modelo ID 200, carga máxima de 210 g com divisão de 0,01g;
- Paquímetro digital de fabricação Mitutoyo com resolução de 0,01 mm;
- Micrômetro digital de fabricação Mitutoyo com resolução de 0,001 mm;
- Serra circular esquadrejadeira fabricante Verry com mesa de 1,5 x 0,60 m equipada com serra circular de fabricação Leitz e 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);
- Dessecador fabricante Arsec – controle de umidade;
- Caixas formadoras em madeira para moldagem do colchão de fibras;
- Tambor em plástico com capacidade volumétrica de 100 L;
- Furadeira industrial fabricante Makita modelo HP 2050 com 720 W de potência, acoplada com batedor de massa leve;

4.2. Metodologia

Neste item está descrita o processo de fabricação dos painéis de partículas homogêneas de bambu e adição de casca de arroz e resina poliuretana a base de óleo de mamona, assim como a metodologia dos ensaios dos corpos de prova, e os testes físicos e de resistência mecânica dos corpos de provas, para análise dos resultados obtidos..

4.2.1. Casca de Arroz e Bambu

A casca de arroz sem especificação da espécie foi coletada numa propriedade rural da Cidade de Torrinha– Estado de São Paulo, sendo coletado de um reservatório totalmente isento de umidade, e imediatamente acondicionado em

sacos plásticos. Em seguida foi transportado até o Laboratório de Processamento da Madeira do Departamento de Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia, UNESP, campus de Bauru.

O Bambu da espécie *Dendrocalamus giganteus* foi coletado no Laboratório de Experimentação em Bambu do Departamento de Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia Mecânica, UNESP campus de Bauru. Na Figura 12 é apresentada uma amostra de casca de arroz e amostra de bambu.

Figura 12 – Amostras de partículas, arroz e bambu



Fonte - autor

4.2.2. Resina Poliuretana a base de óleo de mamona

A resina do tipo bi componente foi preparada, misturando-se uma parte de poliol (a base de óleo de mamona) e outra parte de pré polímero (isocianato). A proporção utilizada do poliol e do pré polímero é que vai determinar a consistência do produto final, aumentando o endurecimento à medida que se adiciona mais pré polímero à mistura.

Esta resina foi adquirida pela Empresa Plural Industria e Comércio de Produtos Químicos Ltda., localizada na cidade de São Carlos-SP, sendo o poliol identificado por Lecopol E 0921 e o isocianato identificado por Lecopol F 0911.

Na preparação do adesivo, procedeu-se a mistura de uma parte de poliol e uma de isocianato, apresentado na Tabela 1, de tal modo que a porcentagem de

adesivo foi determinada em 12% em relação ao peso total de material seco de cada painel.

A tabela 1 representa a composição dos painéis de partículas aglomeradas com resina de mamona.

Tabela 1-Composição dos painéis de partículas aglomeradas com resina de mamona.

% Resina/Material	B 100%	B90%+A10%	B80%+A20%	B70%+A30%
Partículas de Bambu (B)	1.312,70 g	1.181,40 g	1.050,10 g	918,90 g
Casca de Arroz (A)	0 g	131,30 g	262,60 g	393,80 g
Adesivo Mamona E0921 (poliol)	78,76 g	78,76 g	78,76 g	78,76 g
Adesivo mamona F0911 (isocianato)	78,76 g	78,76 g	78,76 g	78,76 g
TOTAL	1.470,22 g	1.470,22 g	1.470,22 g	1.470,22 g

Fonte - autor

4.2.3. Obtenção das partículas de bambu e casca de arroz

As partículas de bambu e casca de arroz foram obtidas em picador industrial fabricado pela Lippel Metal Mecânica, modelo TM 30. Os resíduos de bambu foram primeiramente cortados em pequenos pedaços e passado no picador. Em seguida as partículas foram peneiradas em peneiras quadradas de aço com malha calibradas, com dimensão de 50 x 50 cm x 10 cm, montadas em agitador elétrico para a separação das partículas. As peneiras selecionadas foram no total de quatro, sendo a primeira (superior), a de malha ASTM 1/4 polegada, com abertura de 6,35 mm. Logo abaixo desta uma com malha ASTM 7 (7 mesh), com abertura de 2,83 mm, outra com malha ASTM 20 (20 mesh), com abertura 0,84 mm e por fim o fundo que é uma “bacia” que serve de suporte das peneiras no agitador elétrico e também tem a finalidade de recolher os materiais finos que não foram utilizados. Utilizou-se para o experimento, as partículas ficaram retidas nas peneiras de malha ¼ de polegada, na malha 7 mesh e também na peneira de malha 20 mesh. Pode-se verificar na Figura 13, o agitador elétrico e conjunto de peneiras utilizado na classificação das partículas.

Figura 13 – Agitador elétrico e conjunto de peneiras.



Fonte – autor

Após as partículas terem sido peneiradas, foram pesadas, em balança de fabricação Toledo, modelo 9094C/1, com capacidade máxima de 15,0 Kg e resolução de 0,1 Kgf e separadas em quantidades próximas as que seriam utilizadas na pesquisa.

Cada painel de partículas aglomeradas foi composto de 1.312,70 g de partículas em sua totalidade e que depois de prensadas resultariam em uma densidade de 850 Kg/m³ (painel de alta densidade) e a porcentagem de adesivo presente em cada painel foi de 12% dessa massa de partículas, totalizando 157,52 g. Como pode ser verificado na Tabela 1.

4.2.4. Preparo da resina

Depois das partículas estarem devidamente selecionadas, procedeu-se a pesagem em balança digital da marca Marte, pesou-se o adesivo a base de óleo de mamona, poliuretana bi componente uma parte de poliol e outra de pré polímero, conforme apresenta a figura 14.

Figura 14 – Pesagem do adesivo na balança digital



Fonte – autor

4.2.5. Mistura dos Componentes

Para uma boa obtenção na homogeneização das partículas na produção dos painéis a mistura foi realizada primeiramente de forma manual e depois utilizado a um recipiente com capacidade para 100 litros e uma furadeira industrial para que a mistura ficasse sem grumos. No mandril foi montada uma haste metálica cilíndrica, em cuja extremidade foi fixado um batedor de massa leve para melhor movimentação das partículas. O tempo de mistura foi de cinco minutos, para cada um dos painéis fabricados. Na Figura 15 pode-se visualizar o processo de homogeneização Manual e o recipiente com partículas com capacidade de 100 Litros.

Figura 15 Homogeneização manual das partículas de bambu e arroz e em seguida com um batedor de massa leve.



1) Homogeneização Manual 2) Recipiente com partículas

Fonte – autor

4.2.6. Formação do Colchão

Ao finalizar o processo de homogeneização, a mistura foi retirada do recipiente e levada para uma forma de madeira com dimensões 32x38cm, apoiada sobre uma chapa de aço inoxidável, revestida com filme plástico, para evitar adesão das partículas na chapa de aço inoxidável. A distribuição da mistura na forma foi de maneira manual e cuidadosa, para que se obtivesse um painel mais homogêneo possível. Em seguida foi colocada uma tampa de madeira sobre o colchão de partículas e realizada uma pré-prensagem, utilizando-se um dispositivo composto de um braço de alavanca construído em madeira, através do qual se aplicou uma força considerável sobre o colchão de partículas, para que ficasse estável e consistente e encaminhado à prensa. Na Figura 16 pode-se visualizar a distribuição manual das partículas e a pré-prensagem do colchão de partículas com dispositivo de aplicação carga através de uma alavanca.

Figura 16 - Distribuição manual das partículas de bambu e arroz e Pré prensagem do colchão de partículas.



Distribuição manual das partículas (1) e Pré prensagem do colchão de partículas (2).
Fonte – autor

4.2.7- Prensagem

Para painéis de partículas é muito importante considerar o conjunto de condições sob o qual as partículas são prensadas e consolidadas, tais como: temperatura, pressão e tempo de prensagem. Esta fase do processo é conhecida como ciclo de prensagem, onde ocorre a consolidação do material no qual são definidas, em grande parte, as propriedades finais do produto (FPL, 1999; OLMOS,1992).

Após a pré-prensagem descrita no item anterior, este foi colocado entre os pratos de uma prensa hidráulica juntamente com pratos aquecidos, ocorrendo a partir daí a prensagem. Tal prensa hidráulica é indicada para realizar os ensaios, localizada no laboratório de Processamento da Madeira (LPM) da Faculdade de Engenharia da UNESP de Bauru.

O colchão de partículas foi prensado com limitador de altura, medindo 12,7 mm, o que determinou a espessura final do painel. O tempo de prensagem foi de 10 minutos, sob uma pressão aproximada de 195 bares com temperatura dos pratos de 110°C. A quantidade de painéis fabricados foi de 20 unidades, sendo cinco unidades para cada um dos traços de acordo com a porcentagem de cada painel. Após a fabricação, os painéis de partículas permaneceram 72 horas em ambiente controlado para que se completasse a fase de cura da resina. Em seguida, os painéis foram recortados numa Serra Circular esquadrejadeira, e retirados os corpos de prova de dimensões conforme orientação do documento normativo NBR 14810-2/2013.

4.2.8- Composição dos Painéis

Os painéis de partículas aglomeradas foram produzidos com resíduos de bambu e casca de arroz. Não houve variação na porcentagem de resina. Para a produção dos painéis foi empregado o adesivo poliuretano bi-componente a base de óleo de mamona. Na tabela 2 apresenta as amostras analisadas com as composições dos traços estudados nesta pesquisa.

Tabela 2 -Composições dos painéis de Partículas

TRAÇOS	COMPOSIÇÃO	
B 100%	100% Bambu	0% Arroz
B 90% + 10% A	90% Bambu	10% Arroz
B 80% + 20% A	80% Bambu	20% Arroz
B 70% + 30% A	70% Bambu	30% Arroz

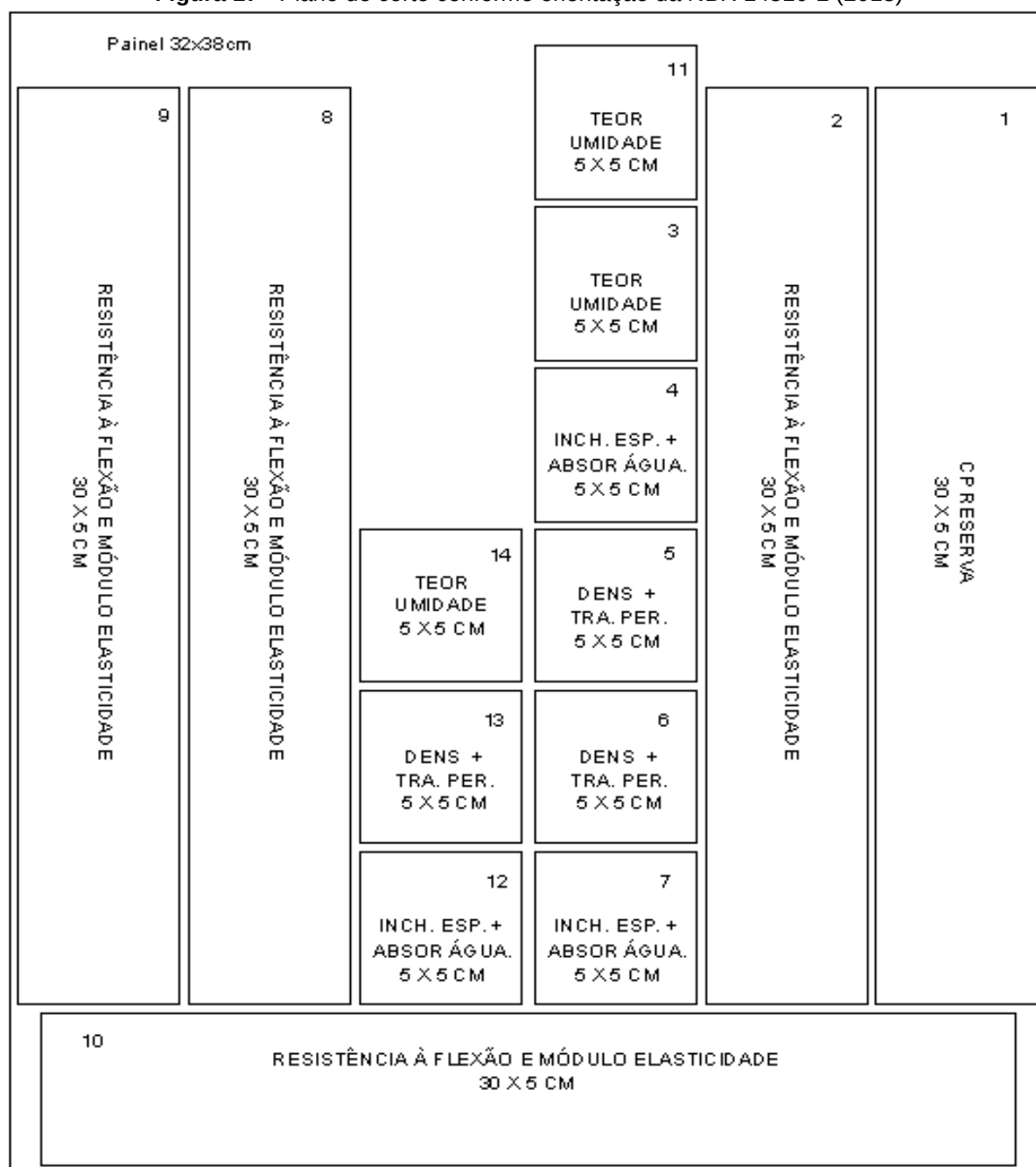
Fonte - autor

Na Tabela 3 são apresentados os ensaios físicos e mecânicos, as quantidades de corpos de provas e suas dimensões. Na Figura 17, pode-se verificar

a posição de cada corpo de prova no painel, sendo que de cada painel fabricado foi retirado dois corpos de prova.

Tabela 3 -Dimensões e quantidade de corpos-de-prova para ensaios de avaliação dos painéis de partículas aglomeradas. (NBR 14810-2/2013)

Ensaio Físico-mecânica	Comprimento (mm)	Largura (mm)	Números CPs	notas
Densidade	50	50	10	Anexo G
Absorção de água 24h	50	50	10	Anexo L
Inchamento e, espessura 24h	50	50	10	Anexo L
Tração Perpendicular	50	50	10	Anexo J
Teor de Umidade	50	50	10	Anexo F
Flexão estática e módulo de elasticidade	300	50	10	Anexo K
Arrancamento de Parafuso Topo	50	50	10	Anexo Q
Arrancamento de Parafuso Face	50	50	10	Anexo Q

Figura 17 - Plano de corte conforme orientação da NBR 14810-2 (2013)

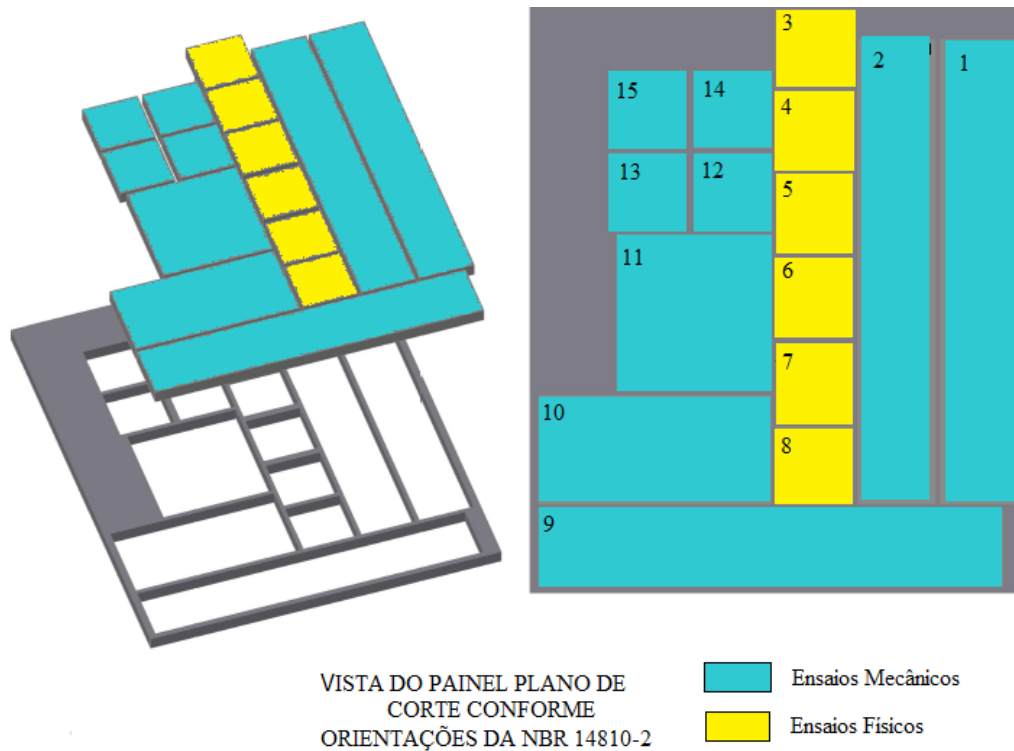
Fonte - autor

4.3- Ensaios Físicos

Neste item estão descritos os ensaios físicos realizados nesta pesquisa. Conforme os procedimentos da NBR 14810-3/2006 e NBR 14810-2/2013 e foram executados no Laboratório de Processamento da Madeira, do Departamento de Engenharia da UNESP – Bauru. As propriedades estudadas foram: densidade, teor

de umidade, inchamento em espessura 24h, e absorção de água 24h. Os corpos de prova necessários para os ensaios foram extraídos obedecendo ao mapeamento da Figura 18.

Figura 18: Mapeamento do Painel – Ensaios Físicos



Fonte: Autora

Essa figura ilustra a localização e identificação dos corpos de prova para os ensaios físicos sendo:

Posição 3 → Teor de Umidade

Posição 4 → Inchamento em Espessura e Absorção de água 24h

Posição 5 → Densidade

Posição 6 → Inchamento em Espessura e Absorção de água 24h

Posição 7 → Teor de Umidade

Posição 8 → Densidade

4.3.1. Determinação da Densidade

Neste ensaio foi avaliada a massa e medição dos corpos de prova retirados dos painéis com as diferentes composições em relação a porcentagem de resíduos empregados, para determinar o valor da densidade média. As dimensões dos corpos de prova são apresentadas na Tabela 3.

Mais adiante, na figura 19, podem-se visualizar as medições que foram realizadas com um paquímetro digital: as espessuras em cinco pontos dos corpos de prova, nas extremidades e uma na parte central, obtendo-se a espessura (E). Com o mesmo equipamento, determinou-se o comprimento (C) e a largura (L). A seguir, a pesagem em balança eletrônica de fabricação Marte que determinou a massa das amostras. Para o cálculo da densidade foram utilizadas as equações 1 e 2. (Equação 1. Densidade do CP) e (Equação 2. Volume do CP)

$$D = \frac{M}{V} \times 1.000.000 \quad (1)$$

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

Onde:

D é a densidade do corpo de prova, em quilogramas por metro cúbico (kg/m³);

m é a massa do corpo de prova, expressa em gramas (g);

V é o volume do corpo de prova, expresso em milímetro cúbico (mm³);

L é a largura do corpo de prova, expresso em milímetros (mm);

C é o comprimento do corpo de prova, expresso em (mm);

E é a espessura do corpo de prova, expresso em milímetros (mm).

Figura 19- (1) Paquímetro digital de fabricação Mitutoyo (2) Balança eletrônica.



Fonte - autor

4.3.2. Determinação do Inchamento em espessura 24h

Este ensaio fornece indicações referentes ao aumento linear da espessura do material em porcentagem, quando este permanece na presença de umidade. Inicialmente foram feitas medições da espessura no centro dos corpos de prova. Na Figura 20 pode-se visualizar as medições que onde utilizou-se um micrômetro, para a obtenção da espessura inicial E_0 .

Figura 20- Micrometro digital de fabricação Mitutoyo



Fonte - autor

Em seguida os corpos de prova foram imersas em um recipiente com água com temperatura controlada em $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, de forma que os CPs permaneceram 25 mm abaixo da linha d'água. Na Figura 21 pode-se visualizar um dos ensaios do inchamento em espessura.

Após período de $24\text{h} \pm 36\text{ min}$ de imersão, os corpos de prova foram retirados do recipiente. Removido o excesso de água e as espessuras dos corpos de prova foram analisadas (E_1). A equação (3) foi utilizada no cálculo do inchamento em espessura 24 horas. Esse ensaio determinou a capacidade dos painéis em

absorverem umidade do meio ambiente, o que influencia diretamente a sua aplicação, sendo classificados como painéis para o uso em condições secas ou em condições úmidas.

Cálculo e expressão dos resultados:

$$I = \frac{E1 - E0}{E0} \times 100 \quad (3)$$

Onde:

I é o inchamento em espessura do corpo de prova, expresso em porcentagem (%);

E1 é a espessura do corpo de prova após imersão, expressa em milímetros (mm);

E0 é a espessura do corpo de prova antes da imersão, expresso em milímetros (mm).

Figura 21 - Ensaio do Inchamento em espessura e Absorção após 24 horas



Fonte – autor

4.3.3. Determinação da Absorção de Água 24h

Esse ensaio indica a capacidade referente a higroscopicidade do material conforme a (NBR 14819-3(2006). Primeiramente foram realizadas as pesagens dos corpos de prova, utilizando-se uma balança eletrônica, para a obtenção da massa inicial M_0 .

Em um recipiente com água com temperatura controlada em $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, de forma que os corpos de prova permanecessem 25 mm abaixo da linha d'água. Após período de 24 ± 36 min de imersão, os corpos de prova foram retirados do recipiente e removidos o excesso de água e as massas dos corpos de prova (M_1) foram analisados. O valor da absorção de água foi calculado através da equação 4.

$$A = \frac{M_1 - M_0}{M_0} \times 100 \quad (4)$$

Onde:

A é a absorção de água, expresso em porcentagem (%);

M₁ é a massa do corpo de prova após a imersão, expresso em gramas (g);

M₀ é a massa do corpo de prova antes da imersão, expresso em gramas (g).

4.3.3. Determinação do Teor de Umidade

Para a realização desse ensaio, primeiramente foi obtida a massa úmida (MU) dos corpos de prova. Após realizar o procedimento de pesagem dos corpos de prova foram mantidos em estufa de secagem a uma temperatura de $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e permaneceram até que toda a água presente no corpo de prova fosse absorvida. Sendo assim essa massa do corpo de prova deve permanecer constante, ou que não apresente uma variação maior que 0,1%, entre as duas medições consecutivas realizadas dentro do período de seis horas.

Os corpos de prova foram pesados em balança eletrônica Marte de resolução 0,01g sucessivamente, até que se obtivesse a mesma massa seca (MS). O resultado do teor de Umidade (Umidade Residual) é dado em porcentagem e calculado através da equação 5.

$$U = \frac{MU - MS}{MS} \times 100 \quad (5)$$

Onde:

U é a umidade residual do CP, expressa em porcentagem (%);

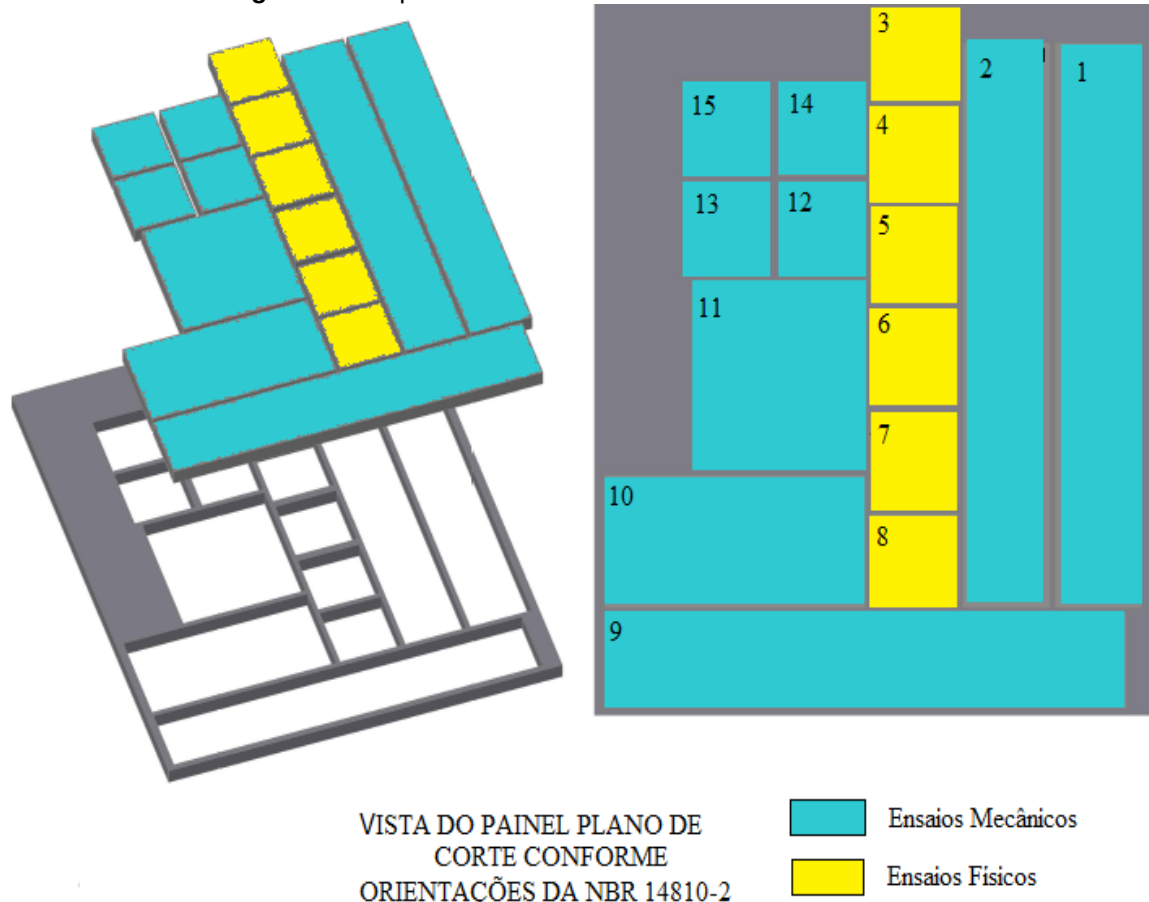
MU é a massa úmida do CP, expressa em gramas (g);

MS é a massa seca do CP, expressa em gramas (g).

4.4. Ensaios mecânicos

Neste item estão descritos os procedimentos para a realização dos ensaios de resistência mecânica, realizados conforme os procedimentos da NBR 14810-2/2013. Sendo realizados no Laboratório de Construção Civil da Faculdade de Engenharia da UNESP – Bauru. As propriedades estudadas foram: resistência a flexão e módulo de elasticidade, resistência a tração perpendicular às faces, e resistência ao arrancamento de parafuso (topo e face). Os corpos de prova ensaiados foram extraídos obedecendo ao mapeamento da Figura 22.

Figura 22: Mapeamento do Painel – Ensaios Mecânicos



Fonte: Autora

A Figura 22, ilustra a localização e identificação dos corpos de prova para os ensaios mecânicos sendo:

Posição 2 → Resistência a flexão e módulo de elasticidade

Posição 5 → Tração perpendicular

Posição 9 → Resistência a flexão e módulo de elasticidade

Posição 8 → Tração perpendicular

Posição 10 → Dureza Janka

Posição 11 → Abrasão

Posição 12 → Arrancamento de parafuso - face

Posição 13 → Arrancamento de parafuso - topo

Posição 14 → Arrancamento de parafuso – topo

Posição 15 → Arrancamento de parafuso – face

4.4.1. Determinação à Resistência a Tração Perpendicular as faces

O ensaio de tração perpendicular as faces, também conhecido como adesão interna das partículas analisa a ligação interna entre partículas e adesivo, estando está relacionada diretamente a densidade do painel, ao tempo e a temperatura utilizada na fase de prensagem, bem como a quantidade de resina utilizada na mistura.

Foram utilizados 10 corpos-de-prova de cada traço de painel preparados por meio da colagem destes em dois blocos de madeira, sendo um na base e outro no topo das amostras. O adesivo utilizado nessa colagem foi poliuretano à base de óleo de mamona, na proporção 1:1, uma parte de polioli e outra parte de pré polímero.

Para a realização desse ensaio foi necessário à utilização de um dispositivo para montagem e fixação das amostras a serem avaliadas, a fim de se fixar o dispositivo nas garras da máquina universal de ensaios. Na Figura 23 apresentou-se a montagem dos corpos de prova colocados entre os blocos de madeira.

O dispositivo contendo os corpos de prova montado entre os blocos de madeira foi colocado na máquina universal de ensaios vide figura 24 submetidos a carregamentos crescentes a tração, até que ocorresse à ruptura. A resistência a tração perpendicular as faces foi calculada através da equação 6.

$$TP = \frac{P}{S} \quad (6)$$

Onde:

TP é a resistência à tração perpendicular as faces, expresso em newtons por milímetro quadrado (N/mm²);

P é a carga na ruptura lida no indicador de cargas, expressa em newtons (N);

S é a área da superfície do corpo-de-prova, expressa em milímetros quadrados (mm²).

Figura 23 – Montagem do corpo de prova entre os blocos de madeira



Fonte – autor

Figura 24 Apresentação do corpo de prova colocado na máquina universal



Fonte – autor

4.4.2. Determinação da Resistência à Flexão e Módulo de Elasticidade

O procedimento no escopo da NBR 14810-2/2013 orienta que o comprimento dos corpos de prova deve ser de 20 vezes o comprimento da dimensão da espessura do CP, com comprimento mínimo de 100mm, de modo que o dispositivo para aplicar carga coincida com o centro desse corpo de prova. Os cilindros de aplicação de carga e apoio devem ter diâmetros de $30 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$. A aplicação da carga deve ser lenta e gradual. Todos estes requisitos foram atendidos.

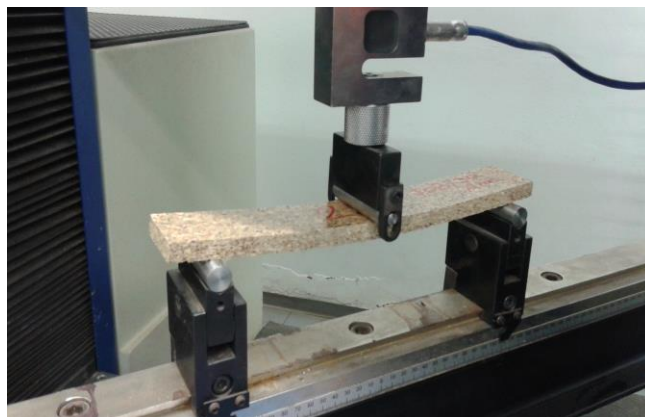
Para o cálculo do módulo de elasticidade (MOE), utilizou-se a equação 6 e para o cálculo do módulo de ruptura (MOR), utilizou-se a equação 7. Na Figura 23, pode-se visualizar a utilização do gabarito para a marcação no centro e do corpo de prova e posicionamento dos roletes de apoio e na Figura 24, pode-se visualizar um exemplo de montagem do corpo de prova no dispositivo de ensaio.

Figura 25 - Gabarito para a marcação no centro do corpo de prova.



Fonte – autor

Figura26 – Montagem do corpo de prova no dispositivo de ensaio.



Fonte – autor

4.4.2.1 Módulo de elasticidade (MOE)

Para o cálculo do módulo de elasticidade, aplicou-se a equação 7:

$$MOE = \frac{P1.D^3}{d.4.B.E^3} \quad (7)$$

Onde:

MOE é o módulo de elasticidade, em megapascals (MPa);

P1 é a carga limite proporcional lida no indicador de cargas, expresso em newtons (N);

D é a distância entre os apoios do aparelho, em milímetros (mm);

d é a deflexão correspondente à carga P1, em milímetros (mm);

B é a largura do corpo-de-prova, em milímetros (mm);

E é a espessura média tomada em três pontos do corpo de prova, em milímetros (mm).

4.4.2.2 Módulo de ruptura (MOR)

Para o cálculo do módulo de ruptura, aplicou-se a equação 8:

$$MOR = \frac{1,5.(P.D)}{B.(E)^2} \quad (8)$$

Onde:

MOR é o módulo de ruptura, em megapascals (MPa);

P é a carga de ruptura lida no indicador de cargas, expresso em newtons (N);

D é a distância entre os apoios do aparelho, expresso em milímetros (mm);

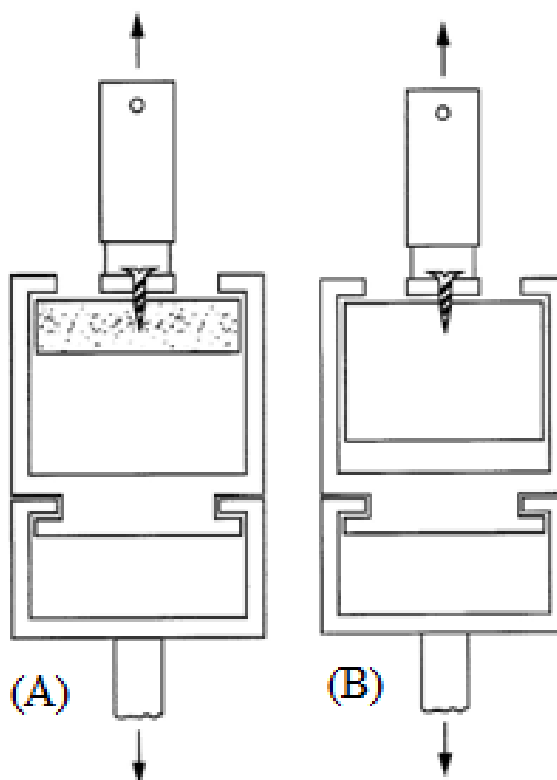
B é a largura do corpo-de-prova, expresso em milímetros (mm);

E é a espessura média tomada em três pontos do corpo-de-prova em milímetros (mm).

4.4.3. Determinação à Resistência ao Arranchamento de Parafuso

Neste ensaio foram separados 20 corpos de prova medindo 50 mm x 50 mm, sendo 10 deles destinados para o ensaio de arranque na superfície e os outros para ensaio de arranque no topo. Os corpos de prova foram perfurados com o auxílio de uma broca helicoidal de $2,7 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ de diâmetro, um orifício com profundidade de $15 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$ centrado na superfície do corpo de prova, tanto de topo como na face. Com o auxílio de um guia, introduziu-se um parafuso nº 10 para madeira, auto-atarraxante, cabeça de panela com fenda tamanho $4,2 \text{ mm} \times 38 \text{ mm}$, passo da rosca de $1,4 \text{ mm}$, no centro do corpo de prova com auxílio de uma chave de fenda até a profundidade especificada apresentada na Figura 27.

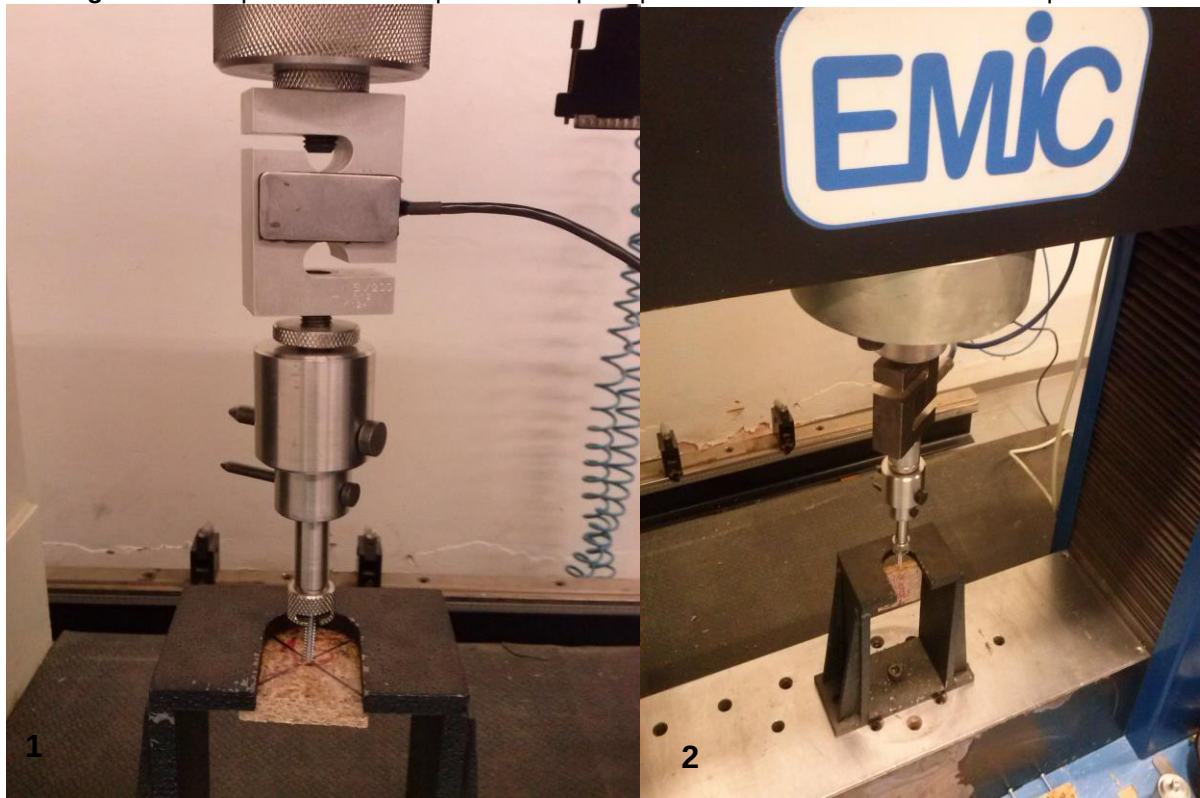
Figura 27: Esquema para ensaio de arranque de face (A) Esquema para ensaio de arranque de topo (B)



Fonte: Adaptado da NBR 14.810-2/2013

Acoplou-se o corpo de prova já com o parafuso fixado nos acessórios da máquina universal de ensaio e tracionou-se o conjunto a uma velocidade constante de 10 mm/min , anotando-se a leitura obtida no indicador de cargas, determinando-se assim os valores de arranchamento de parafuso tanto de face como de topo. A Figura 28, ilustra o ensaio de arranchamento de parafuso.

Figura 28- Corpo de Prova acoplado a máquina para ensaios de arrancamento de parafuso.



1) Arrancamento por superfície

2) Arrancamento por topo

Fonte - autor

4.5. Análise Estatística

Com os dados obtidos nos ensaios realizados, estes foram dispostos na forma de tabela e também na forma gráfica e então foram tratados estatisticamente, utilizando-se os softwares Microsoft Excel versão 2010 e Minitab versão 16.1.1, obtendo-se os valores médios, mínimos, máximos e desvios padrões. Foi aplicado o teste de Anova para análise da variância e existindo diferenças significativas nos valores analisados, foi aplicado o teste de Tukey mostrando se estas diferenças foram significativas entre estes grupos de painéis dentro de um nível de confiança de 95%.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo contém os resultados obtidos ao longo do trabalho, referentes a caracterização dos painéis de partículas produzidos do tipo (P4) painéis estruturais para uso em condições secas. Os valores obtidos para as propriedades dos painéis foram comparados com os requisitos estabelecidos pelas normas NBR 14810:2 (2013), ANSI A208.1 (1999) e norma para painéis de partículas da American National Standard. Entretanto dando ênfase a norma brasileira, já que os procedimentos de ensaio foram baseados nesta norma.

5.1. Resultados da Avaliação Física

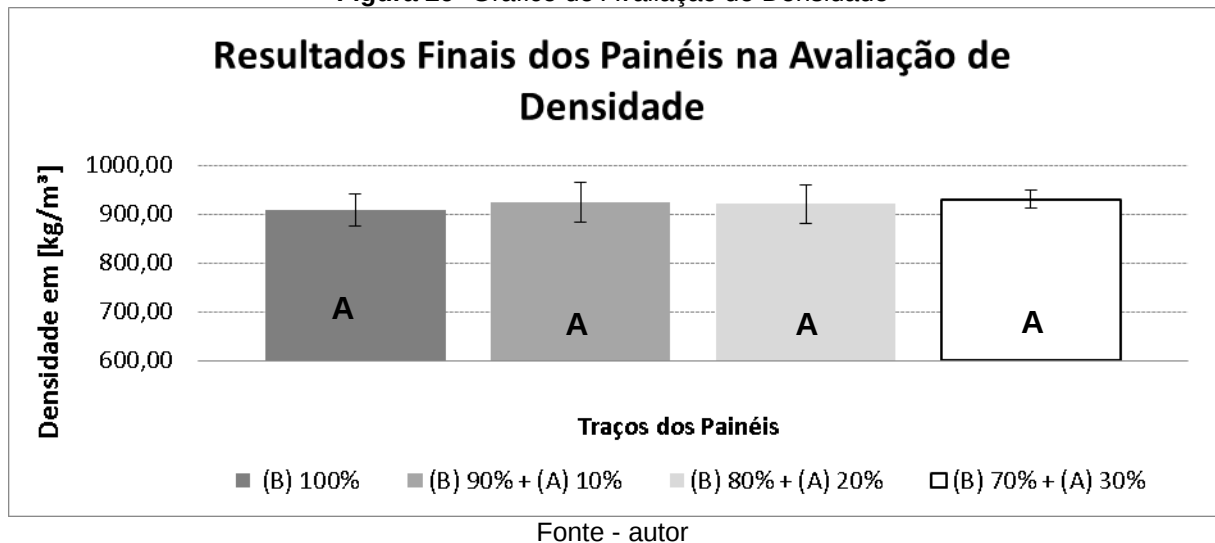
5.1.1. Ensaio de Determinação da densidade

A densidade constatada em todos os traços analisados ficou dentro do que estabelece a norma NBR 14810-2 (2013), cujo valor estabelecido é acima de 800 kg/m³. Os painéis em análise considerando os traços T2, T3 e T4 obtiveram média de 925,35 Kg/m³ Observando-se pequena variação entre os mesmos. A Tabela 4 apresenta os resultados médios, máximos e mínimos do ensaio de densidade de cada um dos traços. A Figura 29 apresenta o gráfico da densidade dos painéis, indicando o desvio padrão.

Tabela 4- Resultados do ensaio de densidade

RESULTADOS FINAIS DAS AMOSTRAS - ENSAIO DE DENSIDADE				
Valores	70%(B) e 30%(A)	80%(B) e 20%(A)	90%(B) e 10%(A)	100%(B)
Valor Máximo (KG/M ³)	957,53	957,95	964,92	955,83
Valor Médio(KG/M ³)	930,14	921,15	924,76	908,89
Valor Mínimo (KG/M ³)	864,41	865,37	886,41	860,57
Coef. Variação (%)	1,95	4,34	4,50	3,53
Desvio Padrão (KG/M ³)	18,10	39,94	41,62	32,13

Figura 29- Gráfico de Avaliação de Densidade



Pela análise estatística observou-se que, a variação das porcentagens de casca de arroz, aumenta a densidade do material quando comparado ao compósito com 100% bambu que é o parâmetro, que obteve densidade de 908,89 Kg/m³. O melhor resultado para ensaio de densidade, foi para p traço (T4), com 930,14 Kg/m³, ficando os traços (T2) e (T3) com valores de 924,7689 Kg/m³ e 921,1589 Kg/m³, respectivamente, denotando painéis de alta densidade, recomendados para uso em estruturas quando em condições secas.

5.1.2. Ensaio de teor de Umidade

Para o ensaio de teor de umidade, foi obtido um resultado médio de 15,46%, com diferença pouco significativa com relação a NBR 14810-2 (2013). Para este ensaio a NBR recomenda o teor de umidade com mínimo de 5% e máximo de 13%, para espessura entre 10 a 13 mm considerando-se painéis com classificação P4 para uso de estruturas em condições secas.

O melhor resultado foi obtido pelo traço T4 com 70% de partícula de bambu e 30% de casca de arroz, no entanto tal resultado apresenta-se consideravelmente acima do padrão T1 estabelecido para esta pesquisa cujo valor médio é de 6,69% de teor de umidade.

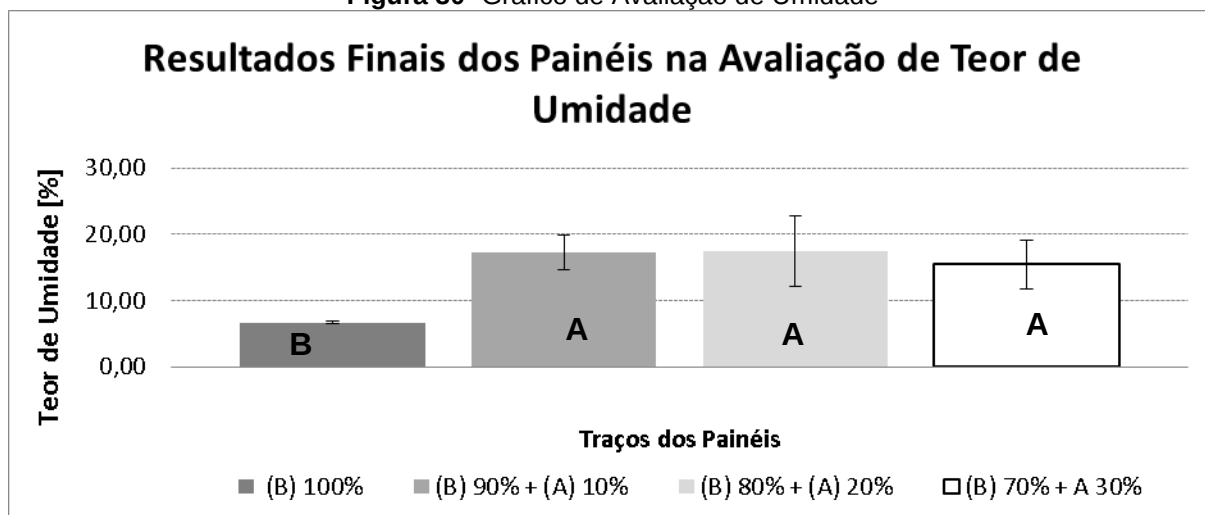
A Tabela 5 apresenta os resultados médios, máximos e mínimos do ensaio de teor de umidade para cada traço estudado. A Figura 29 apresenta o gráfico de

teor de umidade dos painéis, indicando o desvio padrão e os grupos do teste de Tukey.

Tabela 5 - Resultados teor de umidade

RESULTADOS FINAIS DAS AMOSTRAS - ENSAIO DE UMIDADE				
Valores	70%(B) e 30%(A)	80%(B) e 20%(A)	90%(B) e 10%(A)	100%(B)
Valor Máximo (%)	15,69	16,32	16,68	7,01
Valor Médio (%)	14,06	15,00	17,32	6,69
Valor Mínimo (%)	12,03	13,09	13,27	6,40
Coef. Variação (%)	32,42	46,76	15,08	2,95
Desvio Padrão (%)	4,56	7,01	2,61	0,20

Figura 30- Gráfico de Avaliação de Umidade



Na análise estatística observou-se que existem diferenças significativas entre o traço T1 100% bambu e os traços T2, T3 e T4, pertence respectivamente aos grupos B e A. A análise de Tukey corrobora com os valores apresentados na tabela de Teor de Umidade.

5.1.3. Ensaio de inchamento em espessura 24h

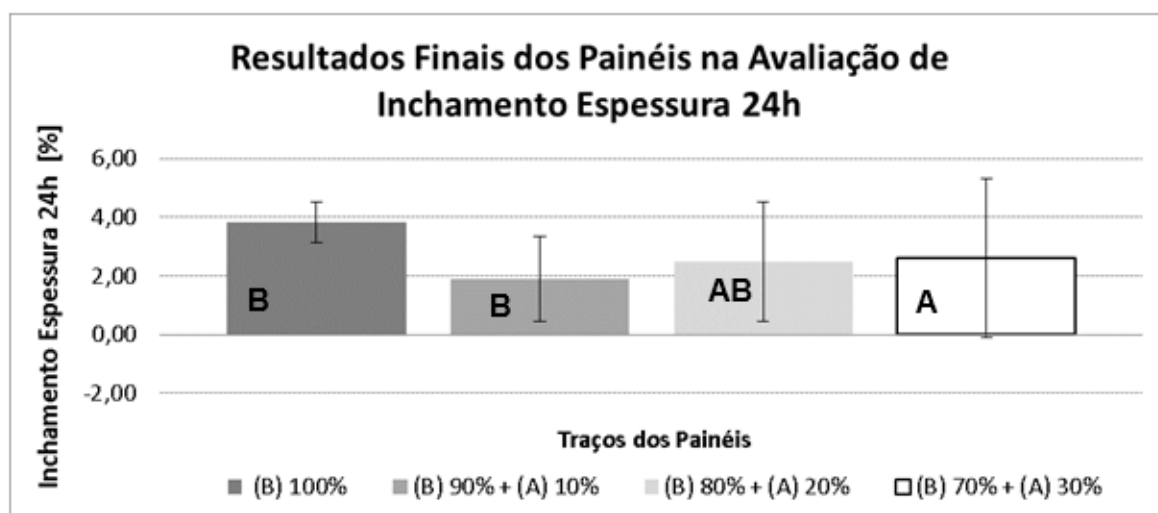
Para o resultado de inchamento em espessura após 24h de imersão em água, a NBR 14810-2 (2013) estabelece que a porcentagem máxima de 16% de aumento sobre a espessura inicial do painel. O resultado médio obtido entre os traços T2, T3 e T4 de bambu e casca de arroz foi de 2,33%, ficando todos abaixo do

índice recomendado pela a NBR permitindo o uso deste em ambientes secos. O traço T1 bambu 100% referencia, obteve o valor médio de 3,82% variação de espessura. Portanto o resultado mais aceitável foi do compósito bambu e casca de arroz o traço B90% + A10% que apresentou inchamento em espessura de 1,90%. Através dos resultados obtidos, é possível concluir que a adição de casca de arroz favorece a absorção de água e consequentemente o inchamento do painel, visto que quanto maior a quantidade de resíduo maior a absorção de água. A Tabela 6 apresenta valor médios, máximo e mínimos de ensaio do inchamento em espessura 24h de cada um dos painéis, indicando o desvio padrão apresentado e os grupos no teste de Tuley.

Tabela 6 - Resultado ensaio de inchamento em espessura 24h

RESULTADOS FINAIS DAS AMOSTRAS - ENSAIO DE INCHAMENTO EM ESPESSURA				
Valores	70%(B) e 30%(A)	80%(B) e 20%(A)	90%(B) e 10%(A)	100%(B)
Valor Máximo (%)	8,67	5,67	3,68	5,32
Valor Médio (%)	2,60	2,49	1,90	3,82
Valor Mínimo (%)	0,39	0,24	0,39	3,27
Coef. De Variação (%)	104,33	81,36	75,64	17,66
Desvio Padrão (%)	2,72	2,03	1,44	0,68

Figura 31 – Grafico avaliação de Inchamento em Espessura 24h



Fonte – autor

Na análise estatística observou-se que existem valores em relação aos traços de painéis produzidos. Aplicando o teste de Tukey percebe-se que os grupos aos quais pertencem os traços (T1) B100% e (T2) B90%+A10%, apresentam variação heterogêneas entre os grupos, conforme os valores demonstrados na tabela 6.

5.1.4. Ensaio de absorção de água 24h.

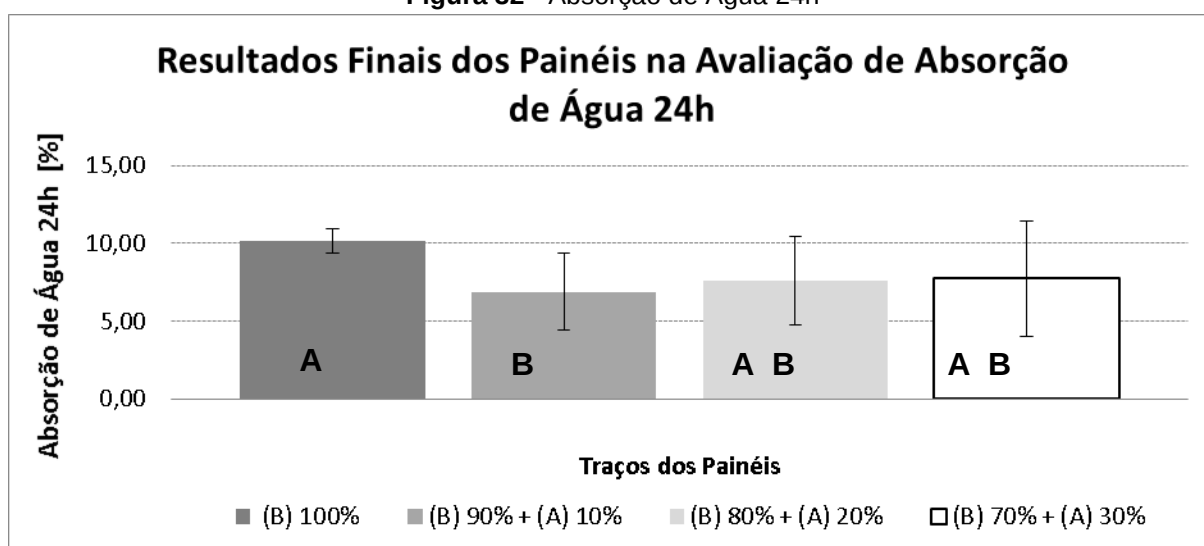
Para o ensaio de absorção de água em 24h+ - 36 min em exposição, o traço B70% + A30%, apresentou o valor médio 7,41% para absorção de água. No entanto todos os traços apresentaram valores próximos à 10%. Para este ensaio, a NBR 14810-2 (2013) não apresenta valores de referência. Sendo assim nesta pesquisa o valor máximo apresentado deu-se no traço B70% + A30% ficando abaixo em relação ao (T1) 100% bambu.

Na Tabela 7 são apresentados os resultados médios, máximo e mínimo do ensaio de absorção de água 24h de cada um dos traços dos painéis, indicando o desvio padrão.

A tabela 7 Resultados de absorção de água 24h.

RESULTADOS FINAIS DAS AMOSTRAS - ENSAIO DE ABSORÇÃO DE ÁGUA				
Valores	70%(B) e 30%(A)	80%(B) e 20%(A)	90%(B) e 10%(A)	100%(B)
Valor Máximo (%)	13,91	12,84	11,47	11,63
Valor Médio (%)	7,74	7,60	6,88	10,13
Valor Mínimo (%)	3,59	3,61	3,47	8,79
Coef. Variação (%)	47,94	36,90	36,20	7,77
Desvio Padrão (%)	3,71	2,80	2,49	0,79

Figura 32 - Absorção de Água 24h



Fonte – autor

A análise estatística sobre o efeito da quantidade de casca de arroz em relação a quantidade em massa de partículas de bambu sobre a variável absorção de água após 24h. Portanto os valores apresentados evidenciam a formação de grupos heterogêneos.

5.2. Resultados de Avaliação Mecânica

5.2.1. Ensaio de Tração Perpendicular

No ensaio de tração perpendicular, os traços fabricados em laboratório apresentaram variação significativa, porém os resultados obtidos atingiram valores superiores ao mínimo exigido pela NBR 14810-2 (2013) que é de 0,40 MPa, desta forma podendo ser considerados como satisfatórios. O traço B70% + A30% apresentou maior valor no ensaio de tração perpendicular com média 1,57 MPa, mesmo assim permanecendo abaixo do valor adotado como padrão de 4,67 MPa para o traço com 100% fibras de bambu.

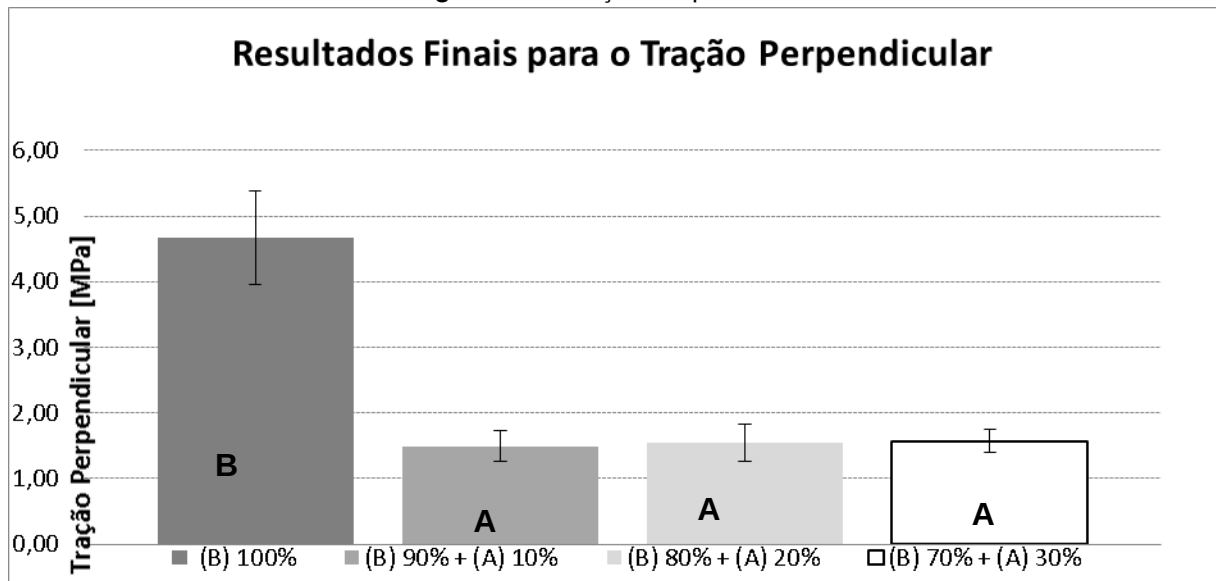
Valarelli (2016), constatou valor médio máximo de 4,95 Mpa para o compósito com 90% de bambu e 10% de pupunha. No entanto, todos os traços permaneceram próximos ao valor de 5 Mpa, enquanto que os traços de bambu e casca de arroz mantiveram-se abaixo do menor valor registrado pelos estudos de Valarelli, mas permanecendo acima do valor recomendado pela NBR.

A Tabela 8 apresenta os resultados médios, máximos e mínimos do ensaio de tração perpendicular de cada um dos traços de bambu e casca de arroz.

Tabela 8 – Resultados do ensaio tração perpendicular

RESULTADOS FINAIS DAS AMOSTRAS - ENSAIO DE TRAÇÃO PERPENDICULAR				
Valores	70%(B) e 30%(A)	80%(B) e 20%(A)	90%(B) e 10%(A)	100%(B)
Valor Máximo (Mpa)	1,75	2,21	1,96	5,52
Valor Médio (Mpa)	1,57	1,54	1,49	4,67
Valor Mínimo (Mpa)	1,17	1,26	1,06	3,02
Coef. Variação (%)	11,75	18,84	17,54	15,37
Desvio Padrão (Mpa)	0,18	0,29	0,26	0,72

Figura 33 - Tração Perpendicular



Para a análise estatística, observou-se diferenças entre os traços T2, T3 e T4 pertencentes ao grupo A, em relação ao traço T1 pertencente ao grupo B, como comprovou o teste de Tukey.

5.2.2. Ensaio de Resistência à Flexão e Módulo de Elasticidade

a) Módulo de Elasticidade (MOE)

No ensaio de módulo de elasticidade foi constatado que o traço 80% + 20% apresentou o maior valor médio para MOE 3464,44 Mpa, sendo que os demais traços com adição de casca de arroz obtiveram valores variando de 3315,18 MPa a 3305,26 Mpa, comparando-se os resultados dos compósitos com adição de casca de arroz ao traço T1 100% bambu com 3006,53 MPa para MOE, os primeiros apresentaram maior resistência.

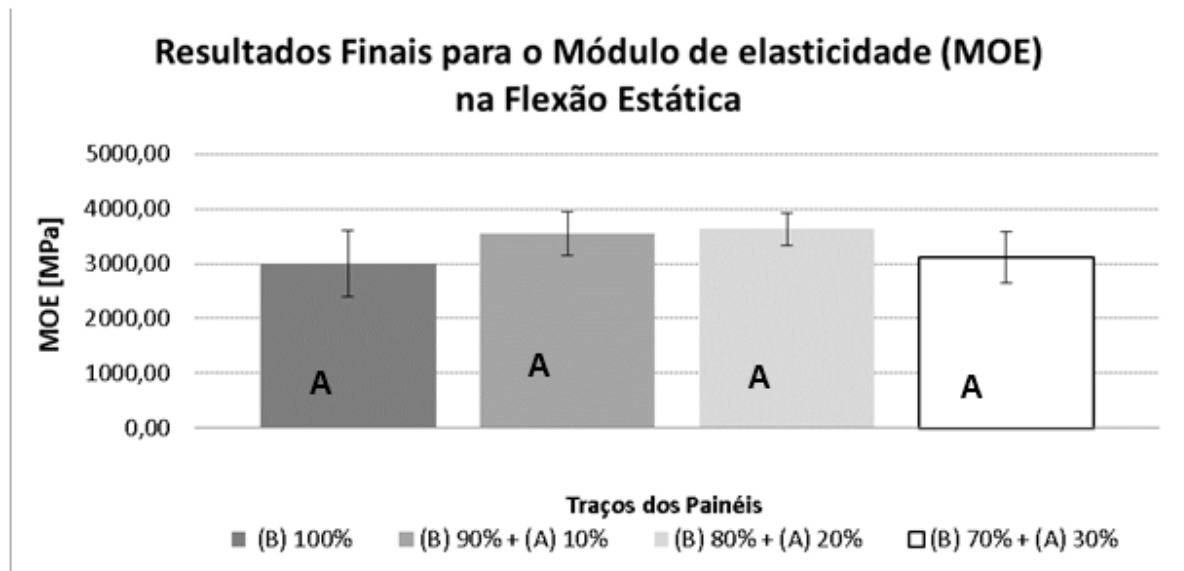
Para este ensaio a NBR 14810-2(2013) apresenta valor mínimo de referência para tipo de painel tipo P4, de 2300 MPa com espessura variando de 10 a 13 mm. A norma ANSI 208.1 (1999) recomenda valores de MOE para painéis de alta densidade de 2750 MPa, desta forma os traços ensaiados com adição de casca de arroz, atendem os padrões para ambas as normas citadas.

A Tabela 9, apresenta os resultados médios, máximos e mínimos para o módulo de elasticidade dos painéis, indicando o desvio padrão e os grupos gerados no teste de Tukey.

Tabela 9 – Resultados do módulo de elasticidade na flexão estática. (MOE)

RESULTADOS FINAIS DAS AMOSTRAS - ENSAIO DE FLEXÃO E MÓDULO DE ELASTICIDADE - MOE				
Valores	70%(B) e 30%(A)	80%(B) e 20%(A)	90%(B) e 10%(A)	100%(B)
Valor Máximo (Mpa)	3970,55	4004,21	4091,69	3889,67
Valor Médio (Mpa)	3315,18	3464,44	3305,26	3006,53
Valor Mínimo (Mpa)	2319,80	2671,75	2665,49	2079,06
Coef. De Variação (%)	14,65	13,62	13,66	129,37
Desvio Padrão (Mpa)	485,52	471,73	451,53	606,07

Figura 34 - Gráfico módulo de elasticidade na flexão estática (MOE)



Fonte – autor

Para análise estatística, comprovou a homogeneidade entre os traços produzidos com resíduo de casca de arroz e o (T1) 100% bambu, permanecendo todos os resultados dentro do mesmo grupo A.

b) Módulo de ruptura (MOR)

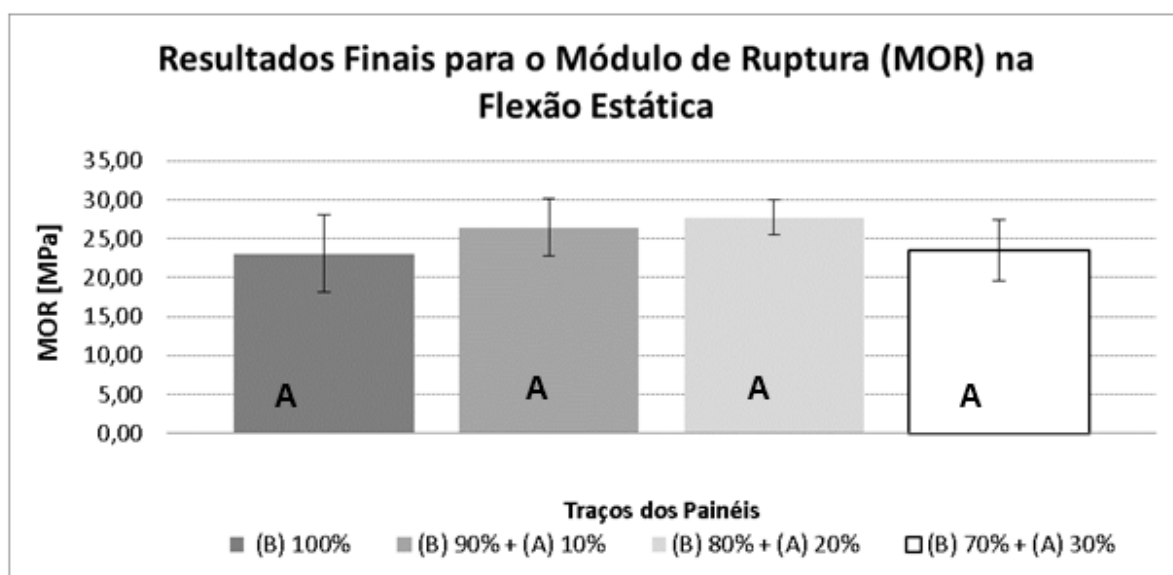
Para o módulo de ruptura, o traço B70% + A30%, apresentou maior média com valor de 26,15 Mpa para a propriedade de MOR. Os demais traços estudados para o compósito de casca de arroz apresentaram valores próximos, variando de 24,75 MPa a 24,81 MPa. Para este ensaio a NBR 14810-2 (2013) apresenta valor mínimo de referência para tipo de painel P4 de 16 Mpa, para a espessura variando

de 10 a 13 mm. Quanto ao padrão estabelecido para este estudo sendo este o T1 com 100% bambu, vale salientar que o valor médio obtido pelo mesmo foi de 23,05MPa, permanecendo este, com índice abaixo dos valores com relação aos traços T2, T3 e T4. A Tabela 10 mostra os resultados de modulo de Ruptura MOR.

Tabela 10 – Resultados modulo de ruptura na flexão estática. (MOR).

RESULTADOS FINAIS DAS AMOSTRAS - ENSAIO DE FLEXÃO E MÓDULO DE ELASTICIDADE - MOR				
Valores	70%(B) e 30%(A)	80%(B) e 20%(A)	90%(B) e 10%(A)	100%(B)
Valor Máximo (Mpa)	30,58	31,20	31,20	30,93
Valor Médio (Mpa)	26,15	24,81	24,75	23,05
Valor Mínimo (Mpa)	18,40	19,23	18,65	16,80
Coef. De Variação (%)	13,88	13,62	15,89	134,17
Desvio Padrão (Mpa)	3,63	4,05	3,93	5,00

Figura 35 - Gráfico módulo de ruptura na flexão estática MOR



Fonte – autor

Araújo (2014), analisou painéis de média densidade com partículas de bambu com adição de casca de café com adesivo poliuretano a base de óleo de mamona, conseguindo valor médio de 11,33 MPa para os tratamentos, sendo que apenas o traço com 100% de partículas de bambu, obteve valor significativamente diferente dos demais com aproximadamente 17 MPa, notando-se uma pequena variação de MOR quando no acréscimo de casca de café ao traço, ficando todos abaixo dos valores obtidos pelos painéis de bambu e casca de arroz.

ANOVA, constatou a homogeneidade entre os traços estudados variando-se o percentual de casca de arroz com relação a quantidade de massa de partículas de

bambu sobre a variável módulo de ruptura, o que foi comprovado pelo teste de Tukey que mostrou todos os traços pertencentes ao grupo A.

5.2.3. Ensaio de Resistência ao Arrancamento de Parafuso

c) Topo

Para ensaio de resistência ao arrancamento de parafuso de topo, o traço B90% + A10% apresentou maior valor considerando a referida propriedade atingindo valor médio de 2337,56 N. Os demais traços estudados apresentaram valores variando de 2122,71 N a 2169,23N para T3 e T4 respectivamente.

Para este ensaio a NBR 14810-2 (2013), não apresenta valor de referência para nenhum tipo de painel, no entanto a norma ANSI 208.1 (1999), recomenda valor mínimo de 1550 N.

Desta forma os teste realizados para o compósito de bambu com adição de casca de arroz denotam que a resistência ao arrancamento de parafuso para topo, apresenta-se superior ao recomendado pela NBR ANSI 208.1 (1999), no entanto abaixo da média de 2669,24N atingida pelo traço (T1) 100% bambu adotado como referência para resistência da propriedade em questão neste item.

A Tabela 11 apresenta os resultados médios, máximos e mínimos do ensaio de resistência ao arrancamento de parafuso de topo de cada um dos traços. A Figura 25 denota o gráfico de resistência ao arrancamento de parafuso de topo dos painéis, indicando o desvio padrão e os grupos obtidos no teste de Tukey.

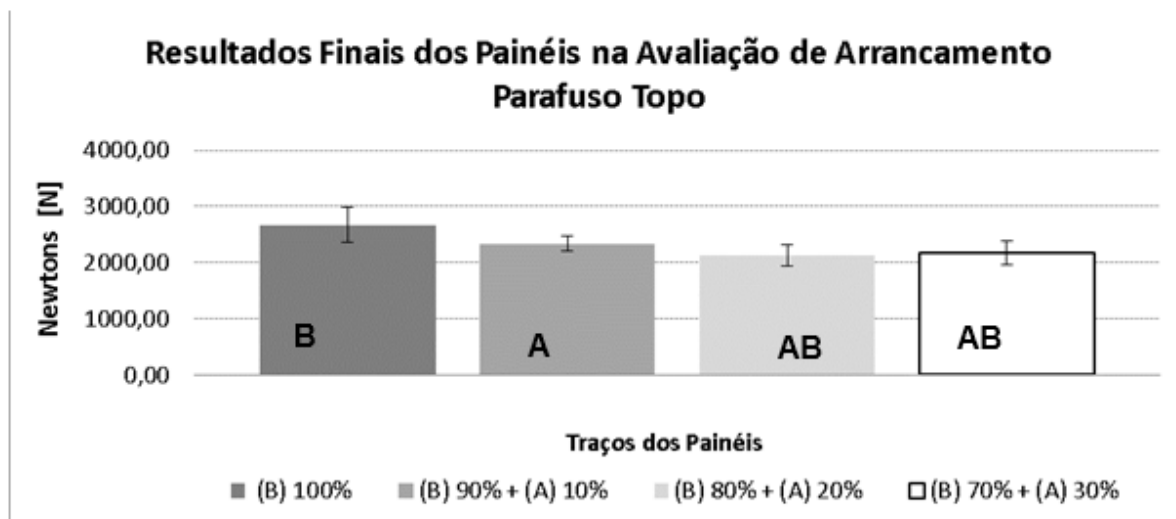
Tabela 11 - Resultado arrancamento de parafuso topo

RESULTADOS FINAIS DAS AMOSTRAS - ARRANCAMENTO DE PARAFUSO - TOPO				
Valores	70%(B) e 30%(A)	80%(B) e 20%(A)	90%(B) e 10%(A)	100%(B)
Valor Máximo (N)	2480,41	2384,18	2400,10	3121,95
Valor Médio (N)	2169,23	2122,71	2337,56	2669,24
Valor Mínimo (N)	1887,13	1846,98	2196,58	2163,54
Coef. Variação (%)	9,68	8,68	5,70	11,87
Desvio Padrão (N)	210,02	184,27	133,29	316,92

Valarelli (2016), ao estudar compósitos de Bambu e Pupunha com 12% de adesivo a base de mamona, alcançou resultados para ensaio de arrancamento de

parafuso variando de 2.971,96 N a 2.669,25N, sendo o B90% + P10% alcançou o maior valor de 2.971,96N.

Figura 36 - Gráfico Arrancamento de parafuso Topo.



Fonte - autor

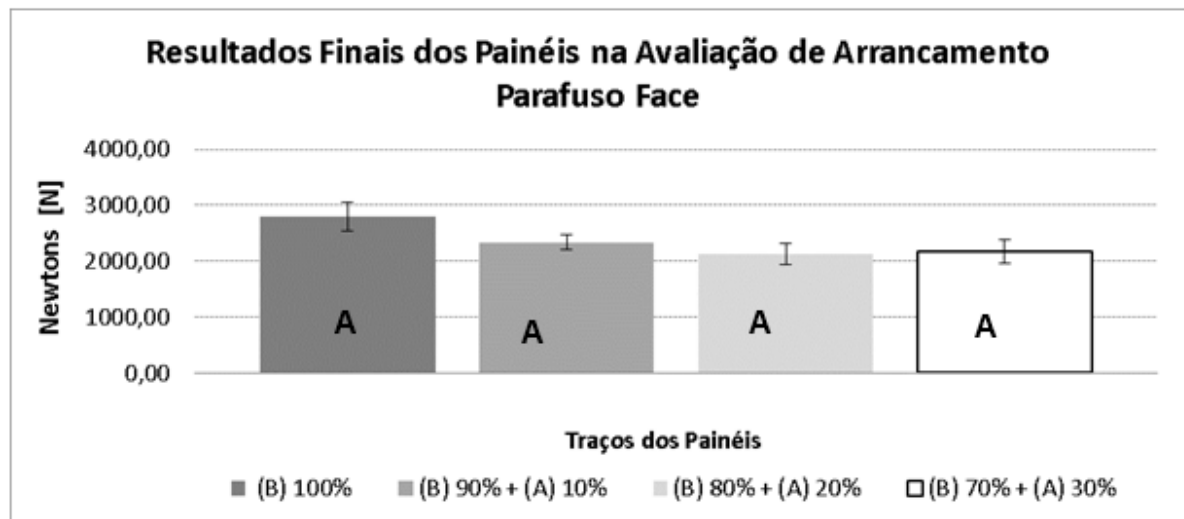
Estatisticamente considerando os valores obtidos nos ensaios de arrancamento de parafuso nota-se uma heterogeneidade entre os traços T1 e T2, e homogeneidade entre os traços T3 e T4.

d) Superfície

Para o ensaio de resistencia ao arrancamento de parafuso em superfície, o traço B90% + A10% apresentou melhor resultado de 2337,72 N. A variação média para os demais traços com adição de casca de arroz, apresentaram valores de 2122,71 N a 2169,17 N, permanecendo todos os valores abaixo do padrão adotado como referencia sendo este o traço (T1) 100% bambu. Para este ensaio a NBR 14810-2 (2013) não apresenta valor referencia para nenhum tipo de painel. A norma ANSI A 208.1 (1999) recomenda valores acima de 2000 N para painéis de alta densidade, que atenderam ao valor máximo exigido por essa norma. Na Tabela 12 apresenta resultados médios, máximos e mínimos do ensaio de resistencia ao arrancamento de parafusos de face de cada um dos traços.

Tabela 12 - Resultado arrancamento de parafuso Superfície.

RESULTADOS FINAIS DAS AMOSTRAS - ARRANCAMENTO DE PARAFUSO - SUPERFÍCIE				
Valores	70%(B) e 30%(A)	80%(B) e 20%(A)	90%(B) e 10%(A)	100%(B)
Valor Máximo (N)	2480,41	2431,26	2669,40	3070,66
Valor Médio (N)	2169,17	2122,71	2337,72	2797,84
Valor Mínimo (N)	1887,13	1846,98	2196,58	2285,83
Coef. Variação (%)	9,68	8,68	5,70	8,80
Desvio Padrão (N)	210,01	184,27	133,18	246,08

Figura 37 - Gráfico Arrancamento de parafuso Face.

Fonte - autor

Na análise estatística, apresentou homogeneidade entre os traços para os painéis produzidos com compósito de casca de arroz, considerando ainda o painel com 100% bambu. O teste de Tukey apresentou resultados todos pertencem ao grupo A.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados obtidos ao longo desta pesquisa nos quatro traços avaliados, foi possível constatar a viabilidade técnica de produção de chapas com partículas compostas de bambu e adição de casca de arroz, aglomerados com adesivo bi componente a base de óleo de mamona.

- Painéis produzidos de partículas de Bambu e casca de arroz de alta densidade, com espessura de 12,7 mm, 12% de teor de adesivo poliuretana a base de mamona apresentaram propriedades física e mecânicas superiores aos valores recomendados pela NBR 14810-2 (2013);
- Na avaliação de teor de umidade, obteve-se como melhor resultado o valor médio de 14,06% de umidade, para o traço (T4) 70%B + 30% A. No entanto a norma NBR 14810-2 (2013) indica como valor mínimo para teor de umidade 5% e o máximo de 13% para painéis com espessura variando de 10 a 13mm para classificação P4 (painel estrutural para uso em condições secas). Sendo assim a propriedade teor de umidade para os compósitos com casca de arroz não podem ser recomendados para uso estrutural em condição seca.
- Na avaliação de Inchamento em espessura 24h, os painéis apresentaram valor médio de 2,6% permanecendo abaixo de 5%, portanto se enquadra a NBR 14810-2 (2013) estabelece a porcentagem de inchamento em espessura não pode ultrapassar de 16%;
- Nos ensaios de Absorção de água 24h, os painéis apresentaram valores máximo de 14%, no entanto todos os traços apresentaram valores próximos de 10%, sendo que a NBR 14810-2 (2013) não estabelece valor de referência;
- No ensaio de resistência mecânica de tração perpendicular todos os traços desenvolvidos em laboratório obtiveram valores aceitáveis pela NBR 14810-2 (2013), que indica valor mínimo de 0,40N/m².

- No ensaio de módulo de elasticidade (MOE) o traço P4, a NBR 14810-2 (2013) exige o mínimo 2300 MPa, o resultado superou as expectativas atingindo um valor médio de 3464,44 MPa;
- No ensaio de módulo de ruptura (MOR) o traço P4, a NBR 14810-2 (2013) exige o mínimo 16 MPa, o valor médio atingido foi de 26,15 MPa;
- Para ensaio de resistência de arrancamento de parafuso de topo a NBR14810-2 (2013) não apresenta valor de referência e a ANSI 208-1 (1999) recomenda valores mínimo de 1550N. Portanto todos os traços apresentaram valores superiores aos recomendados;
- Para ensaio de resistência de arrancamento de parafuso de face a NBR14810-2 (2013) não apresenta valor de referência e a ANSI 208-1 (1999) recomenda valores acima de 2000N para painéis de alta densidade, portanto todos os traços apresentaram valores superiores aos recomendados;

7. SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS

Uma proposta para continuar a pesquisa está em verificar se a resistência do material continuará atendendo as especificações normativas. Além disso, é importante destacar a diversidade dos compósitos lignocelulosico que em, pois estas têm conseguido apresentar resultados bastante satisfatórios, sem comprometer as propriedades físico-mecânicas dos painéis.

- Analisar painéis com teores de resinas diferentes como, 8%, 10% e 15%;
- Realizar ensaios de microscopia eletrônica de varredura (MEV);
- Realizar Ensaio de Dureza Janka;
- Fazer ensaio de desgaste de ferramenta na usinagem do painel;
- Realizar ensaios de durabilidade quando exposto ao ambiente externo, como, chuva;
- Desenvolver painéis de partículas com outros materiais lignocelulósicos, com eucalipto, fibra de coco, etc.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIMÓVEL- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DO MOBILIÁRIO. Panorama do setor moveleiro no Brasil. Disponível em: <http://www.abimovel.com.br> disponível em junho de 2014. Acessado em 20 de outubro de 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR15316: Chapas de fibra de média densidade: parte 3 métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2009. 73 pg.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR15316: Chapas de fibra de média densidade: parte 2 requisitos. Rio de Janeiro, 2009. 15 pg.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS – Anuário estatístico da ABRAF - Ano base 2012. Brasília 2013, 142p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL – BRACELPA. Disponível em: < <http://bracelpa.org.br/bra2/?q=node/136> >. Acesso em 25 de Outubro de 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE PAINÉIS DE MADEIRA – ABIPA. São Paulo, 2013. Disponível em: < <http://www.abipa.org.br/produtosMDF.php> >. Acesso em 25 junho de 2013.

ALONGE, A. F. ; CHAMMA C.V.P.; ROCHA R.R. Produtos Eco eficientes na Arquitetura: A Produção de Painéis feitos a partir do compósito de plástico e casca de arroz. Artigo: (Forum Ambiental da Alta Paulista) V.10 n.1, 2014.

ARAUJO, I.I. Caracterização físico- mecânica de Painéis de Partículas de Bambu com adição de casca de café. Dissertação (mestrado). Universidade Estadual Paulista Faculdade de Engenharia de Bauru, São Paulo, 2015.

BARROS FILHO, R. M. Painéis aglomerados a base de bagaço de cana-de-açúcar e resinas uréia formaldeído e melanina formaldeído. 2009. 116 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais, Área de concentração análise e seleção de materiais) Universidade Federal Ouro Preto, Minas Gerais, 2009.

BATISTELLE, R. A. G.; MARCILIO, C.; LAHR, F. A. R.; Emprego do bagaço da cana-de-açúcar (*Saccharum Officinarum*) e das folhas caulinares do bambu da espécie *dendrocalamus giganteus* na produção de chapas de partículas, Minerva, 5(3): 297-305, 2008.

BATISTELLE, R. A. G.; LAHR, F. A. R.; VARUM, H. S.; VALARELLI, I. D. caracterização física das chapas de partículas com rejeitos oriundos da cana-de-açúcar e das folhas de bambu, In encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeiras. Lavras, 12p. 2010.

BATISTELLE, R. A.G. Proposta de utilização do bagaço de cana de açúcar e folhas de bambu em chapas de partículas para diferentes aplicações. Tese Livre Docência. Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Bauru. Bauru/SP 2011.

BELINI, U. L.; Caracterização tecnológica de painéis de fibras da madeira de *Eucalypto*, *Eucalyptus grandis* e de partículas do bagaço do colmo de cana de açúcar, *Saccharum* sp. 2012, 169p – Tese (Doutorado em Tecnologia de Produtos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

BERLINI, U. L.; HEIN, P. R. G.; TOMAZELLO, M.; RODRIGUES, J. C.; CHAIX, G. Near infrared sepectroscopy for estimating sugarcane bagasse content in médium density fiberboard. *Bioresources*, v.6, n.2,p.1818 – 1829,2011.

BERALDO, A. L.; RIVERO, L. A. Bambu Laminado Colado (BLC). *Revista Floresta e Ambiente*. Seropédica, RJ, v. 10, n. 2., p 36 – 46, 2003.

BERADO, A. L.; FREIRE, W. J. Tecnologias e Materiais Alternativos de construção, Campinas SP: Editora da UNICAMP,2003.

BUENO, M. A. P. – Dissertação: Painéis de *Medium Density Fiberboard* Fabricados com Bagaço de Cana-De-Açúcar e Madeira de Reflorestamento. UNESP – Bauru/SP (2014 p.176).

BRUNETON, J.; Elementos de fitoquímica Y de Farmacognosiar, Editora Acribia: Zaragoza Espanha,1991.

CALEGARI, P. E. et.al; Design e Materiais: Desenvolvimento de Biocompósitos a partir da casca de arroz e do resíduo de papel em matriz poliuretana vegetal a base de mamona. SBDS 15, 5ºSimposio Design Sustentável, Rio de Janeiro, 2015.

CHEN, T. Y. Studies on the manufacture of particleboard from rice hulls in industrial scale. *K'o Hsueh Fa Chan Yueh K'an*, China, v. 8, n. 5, p. 456-462, Aug. 1980.

Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento de safra brasileira: grãos, nono levantamento, julho 2013 / Companhia Nacional de Abastecimento. – Brasília: Conab, 2013.

CONTE, R. High-performance concrete with addition of active rice husk silica, and its utilization in parabolic solar collector coverage. Escola de Engenharia de Lorena EEL - USP, Polo Urbo-Industrial, s/no, B. Santa Lucrécia, 12602-810, Lorena, SP, Brazil

CORREA, L.R.; Sustentabilidade na Construção Civil; Monografia na Construção Civil, Escola de Engenharia UFMG, Belo Horizonte MG Janeiro de 2009.

COSTA, L.P.E. *et. al.*, Qualidade das chapas de partículas aglomeradas fabricadas com resíduo do processamento mecânico da madeira. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v.15, n.3, p 311-322, 2005.

DIAS, F.M. e LAHR, F.A.R. Estimativa de propriedades de resistência e rigidez da madeira através da densidade aparente. *Scientia Forestalis* n.65, p.102-113, jun. 2004.

DIAS, F. M. Aplicação de resina poliuretana à base de mamona na fabricação de painéis de madeira compensada e aglomerada. 2005. 116 f. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais) - Escola de Engenharia de São Carlos/ Instituto de Física de São Carlos/ Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005

DORNELLES, R. Plantas para exportar e preservar as florestas nativas. *Brazil Export*. São Paulo, nº 271, 1992.

FRIHART, C. R. Wood Adhesion and Adhesives. In: ROWELL, M. R. *Handbook of wood chemistry and wood composites*. Boca Raton: CRC Press, 2012. Cap.9.

GARCIA-ESTEBAN, L.; GUINDEO-CASASÚS, A.; PERAZA-ORAMAS, C.; PALACIOS DE PALACIOS, P. *La madera y sus Tecnologías*. Ed. Mundi Prensa, Madrid, 2002.

GONÇALVES, M. T. T. *Processamento da Madeira*. Bauru, 2000. 242p.

GONÇALVES NETO, Wenceslau. *Estado e agricultura no Brasil; política agrícola e modernização econômica Brasileira*. São Paulo: Hucitec, 1997. 245 p

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

JANSSEN, J.J.A. *Designing and building with bamboo*. Beijing, China: International Network for Bamboo and Rattan (INBAR), 2000, Technical report n.20.

JOSÉ, F.J. *Chapa de Partículas Homogêneas de bambu Aglomeradas com resina Poliuretana Bi-componente a base de óleo de mamona*. 2006. 102p. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Agrícola, Unicamp, Campinas, 2006.

JR, P.R.L.; *Utilização de Resíduos na Construção Habitacional*, programa de Tecnologia de Habitação; Departamento de Engenharia civil da UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina. Acessado em 16.05.2016.

LHAMBY, Andressa Rocha; SENNA, Ana Júlia Teixeira; CANES, Suzy Elizabeth. *A Prática da Gestão Ambiental Agroindustrial: Um Estudo de Caso em uma*

Agroindústria que Produz Energia Elétrica a Partir da Casca do Arroz. Bauru, São Paulo, 2010, 5 p. Acesso em: abril de 2012. Disponível em: <<http://www.ibeas.org.br/Congresso/Trabalhos2010/XI-001.pdf>>

LIESE, W. The anatomy of bamboo culms. INBAR – International Network for bamboo and rattan, 1998.China. Technical Report. 204 p.

MACIEL, A. da S. Chapas de partículas aglomeradas de madeira de *Pinus elliottii* ou *Eucalyptus grandis*, em mistura com poliestireno e polietileno tereftalato. 2001, 115p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

MALONEY, T. M. Modern particleboard & dry-process fiberboard manufacturing. San Francisco: Miller Freeman Inc., 1993. 689 p.

MAPA Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em <http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/arroz>. Acesso em 29.12.2016.

MARINHO, Nelson Potenciano. Características das fibras do bambu (*Dendrocalamus giganteus*) e Potencial de aplicação em painéis de media densidade (MDF). 2012. 144p. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

MDF e MDP para produção de painéis aglomerados. Dissertação (pós-graduação). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 13 p,2011.

MISKALO, P. E. Avaliação do Potencial de utilização de bambu (*Dendrocalamus giganteus*) na produção de painéis de partículas orientadas. Dissertação mestrado Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba – Pr,2009.

MORGANA, L. Estudo da Utilização da Casca de Arroz na Produção de Bioenergia no Município de Turvo/SC pdf – Artigo - Disponível em http://www.apec.unesc.net/VII_EEC/sesoes_tematicas acesso em 25.08.2016.

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.

ORTIZ, L. S. Energias renováveis sustentáveis: uso e gestão participativa no meio rural. Porto Alegre: Núcleo Amigos da Terra Brasil, 2005. 67 p.

PAULA, L. E. R. Dissertação de Mestrado: Produção e Avaliação de Briquetes de Resíduos Lignocelulósicos. UFLA Universidade de Lavras/MG – Departamento de Ciência e Tecnologia da Madeira – 2010. p.5-7.

PAULESKI, D. T. Características de compósitos manufaturados com polietileno de alta densidade (PEAD) e diferentes proporções de casca de arroz e partículas de madeira. 2005. 100 f. Dissertação (mestrado em engenharia florestal) –Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

PEREIRA, M. A. R.; BERALDO, A. L.; Bambu de Corpo e Alma. Bauru-SP: Canal6, 2007. 240p.

PEREIRA, V. S. Indicadores de Sustentabilidade do Agro ecossistema Arroz Orgânico na Bacia do Araranguá (SC). 2008. 166f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

QURINO, W. F. Apostila: Utilização Energética de Resíduos Vegetais. Laboratório de Produtos Florestais do IBAMA Brasília/DF – 2003 p.2-8 – Disponível em: <http://www.mundoflorestal.com.br/arquivos/aproveitamento.pdf> - Acesso em 04 jul. 2016.

ROSA, S. M. L.; Estudo das propriedades de Compósitos de Polipropileno com Casca de Arroz, Escola de Engenharia Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais – PPGEM; Dissertação Mestrado em Engenharia; Porta Alegre – RS, 2007.

ROWELL, R. M.; HAN, J. S.; ROWELL, J. S. Characterization and factors affecting fiber properties. In: NATURAL POLYMERS AND AGROFIBERS BASED COMPOSITES, 1., 2000, São Carlos. Anais. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2000. p. 115-134.

SANCHES F.L. Qualidade de Painéis Aglomerados Produzidos com mistura de madeira de quatro espécies Florestais. Dissertação (mestrado) INUCENTRO Universidade Estadual do Centro oeste, IRATI – PR -2012.

SILVA, A.L.C. Fabricação de painéis de partículas com material produzidos com material alternativo. Relatório final PIBIC/CPNq, processo 118005/2014-6. Faculdade de Engenharia de Bauru, Bauru-SP, 2015.

SHINEIDER, R.C.S.; Extração, Caracterização e Transformação do Óleo de Rícino; Tese de doutorado em química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande-RS. 2002.

SOUZA, B. E. Estudo da viabilidade técnica para o cultivo de bambu gigante (*Dendrocalamus giganteus*) UPIS – Faculdades Integradas Departamento de Agronomia Rodovia BR 020, km 18 DF 335, km 4,8 em Planaltina-DF.;

VALARELLI, I.D.; AZAMBUJA, M.A.; BASTISTELLI, R. A. G; CAMPOS, C.I. – Artigo: Avaliação do Desempenho de Painéis de Partículas Aglomeradas de Bambu da Espécie *Dendrocalamus Giganteus*. LAMEM 2013, Ed. EESC/USP-São Carlos/SP 2013.

VALARELLI I.D. Painéis de Partículas de Materiais alternativos: Produção e avaliação de desempenho. Tese (livre Docente) UNESP – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho -Bauru -SP – 2016.

WEBER, C. Estudo sobre viabilidade de uso de resíduos e compensados, MDP e MDF para a produção de painéis aglomerados. Dissertação de mestrado UFPR Curitiba Pr – 211

WALTER, Melissa; composição e características nutricionais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 4, Aug. 2008.

www.apec.unesc.net/VII_EEC/sesoes_tematicasEcontroRural/Estudo-da-utilizacao-da-casca-de-arroz-na-producao-de-bioenergia-no-municipio-de-turvo-sc. acesso 10 de outubro de 2016.

APÊNDICE A – Ensaios Físicos - Dados Densidade

PAINÉIS DISSERTAÇÃO MESTRADO - DENSIDADE													
COMPOSIÇÃO: 70% (B) BAMBU - 30%(A) ARROZ													
CORPOS		LADO A	LADO B	LADO C	LADO D	PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3	PONTO 4	PONTO 5	MASSA	VOLUM	DENSIDAD
PAINEL	POSIÇÃO	DE PROVA	(MM)	(MM)	(MM)	(MM)	(MM)	(MM)	(MM)	(MM)	(GRS)	E (MM³)	E (KG/MM³)
Ch 1	P 5	CP1	50,50	50,30	50,32	50,30	12,75	12,92	12,83	12,77	30,19	32491,49	929,17
	P 8	CP2	50,28	50,52	50,29	50,38	12,68	13,05	12,75	12,75	30,72	32492,41	945,45
Ch 2	P 5	CP3	50,66	50,22	50,48	50,50	12,72	12,69	12,79	12,80	30,60	32496,09	941,65
	P 8	CP4	50,34	50,11	50,45	50,63	12,68	12,58	12,66	12,60	28,48	32019,02	889,47
Ch 3	P 5	CP5	50,52	50,40	50,44	50,54	12,60	12,70	12,65	12,66	30,33	32249,11	940,49
	P 8	CP6	50,43	50,30	50,48	50,40	12,70	12,70	12,74	12,77	30,10	32380,07	929,58
Ch 4	P 5	CP7	50,18	50,20	50,48	50,48	12,55	12,84	12,82	12,67	29,64	32242,48	919,28
	P 8	CP8	50,40	50,30	50,41	50,42	12,62	12,81	12,82	12,83	29,74	32359,46	919,05
Ch 5	P 5	CP9	50,18	50,26	50,38	50,20	12,65	12,81	12,76	12,70	30,69	32170,63	953,98
	P 8	CP10	50,00	50,12	50,20	50,23	12,71	12,79	12,70	12,77	29,92	32060,53	933,23

massa			
RESULTADOS BAMBU (B) 70% E ARROZ (A) 10%			
Valor Máximo (KG/MM³)	957,53		
Valor Médio (KG/MM³)	930,14		
Valor Mínimo (KG/MM³)	864,41		
Coef. Variação (%)	1,95		
Desvio Padrão (KG/MM³)	18,10		

Onde:

Comprimento = $(\text{Lado A} + \text{Lado B})/2 \rightarrow$ Média do comprimento do CP (mm)

Largura = $(\text{Lado C} + \text{Lado D})/2 \rightarrow$ Média da largura do CP (mm)

Espessura = $(\text{Ponto 1} + \text{Ponto 2} + \text{Ponto 3} + \text{Ponto 4} + \text{Ponto 5})/5 \rightarrow$ Média da espessura do CP (mm)

Volume = Comprimento x Largura x Espessura (m³)

Chapa $\rightarrow$ Ch

Densidade $\rightarrow \rho = m/V \rightarrow \rho = (m/V) \times 1000000 \rightarrow (\text{kg/m}^3)$

m = massa do corpo de prova $\rightarrow$ (grs)

$V = [((\text{LA} + \text{LB})/2) \times ((\text{LC} + \text{LD})/2) \times ((\text{P1} + \text{P2} + \text{P3} + \text{P4} + \text{P5})/5)] \rightarrow (\text{mm}^3)$

PAINÉIS DISSERTAÇÃO MESTRADO - **DENSIDADE**
COMPOSIÇÃO: 90% (B) BAMBU - 10%(A) ARROZ

PAINEL	POSICÃO	CORPOS	LADO A	LADO B	LADO C	LADO D	PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3	PONTO 4	PONTO 5	MASSA	VOLUM	DENSIDAD
		DE PROVA	(MM)	(MM)	(MM)	(MM)	(MM)	(MM)	(MM)	(MM)	(MM)	(GRS)	E (MM³)	E (KG/MM³)
Ch 1	P 5	CP1	50,35	50,12	50,22	50,30	12,72	12,68	12,77	12,75	12,66	30,78	32105,50	958,71
	P 8	CP2	50,12	50,32	50,35	50,30	12,82	12,90	12,80	12,75	12,77	28,28	32369,93	873,65
Ch 2	P 5	CP3	50,47	50,10	50,20	50,15	12,82	12,80	12,76	12,83	12,88	29,52	32340,45	912,79
	P 8	CP4	40,26	50,38	50,36	50,30	12,63	12,68	12,60	12,66	12,7	29,45	28863,21	1020,33
Ch 3	P 5	CP5	50,22	50,39	50,20	50,39	12,75	12,70	12,77	12,67	12,8	28,88	32228,29	896,11
	P 8	CP6	50,20	50,02	50,12	50,35	12,8	12,80	12,84	12,76	12,88	30,56	32261,41	947,26
Ch 4	P 5	CP7	50,06	50,40	50,30	50,35	12,54	12,79	12,70	12,67	12,65	29,01	32027,54	905,78
	P 8	CP8	50,44	50,02	50,40	50,42	12,7	12,68	12,66	12,70	12,76	29,72	32157,60	924,20
Ch 5	P 5	CP9	50,27	50,34	50,30	50,35	12,65	12,90	12,88	12,87	12,66	29,16	32384,22	900,44
	P 8	CP10	50,34	50,24	50,38	50,40	12,7	12,85	12,80	12,78	12,82	29,44	32411,31	908,32

Onde:

Comprimento = (Lado A + Lado B)/2 → Média do comprimento do CP (mm)

Largura = (Lado C + Lado D)/2 → Média da largura do CP (mm)

Espessura = (Ponto 1 + Ponto 2 + Ponto 3 + Ponto 4 + Ponto 5)/5 → Média da espessura do CP (mm)

Volume = Comprimento x Largura x Espessura (m³)

Chapa → Ch

Densidade → $\rho = m/V \rightarrow \rho = (m/V) \times 1000000 \rightarrow (kg/m^3)$

m = massa do corpo de prova → (grs)

$V = [((LA+LB)/2) \times ((LC+LD)/2) \times ((P1 + P2 + P3 + P4 + P5)/5)] \rightarrow (mm^3)$

RESULTADOS BAMBU (B) 90% E ARROZ (A) 10%	
Valor Máximo (KG/MM³)	964,92
Valor Médio (KG/MM³)	924,76
Valor Mínimo (KG/MM³)	886,41
Coef. Variação (%)	4,50
Desvio Padrão (KG/MM³)	41,62

PAINÉIS DISSERTAÇÃO MESTRADO - DENSIDADE COMPOSIÇÃO: 100% (B) BAMBU														
PAINEL	POSIÇÃO	CORPOS DE PROVA	LADO A	LADO B	LADO C	LADO D	PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3	PONTO 4	PONTO 5	MASSA (GRS)	VOLUM E (MM³)	DENSIDAD E (KG/MM³)
			(MM)	(MM)	(MM)	(MM)	(MM)	(MM)	(MM)	(MM)	(MM)	(MM)	(MM)	(MM)
Ch 1	P 5	CP1	50,08	50,11	50,21	50,23	12,60	12,44	12,54	12,54	12,58	28,35	31547,77	898,64
	P 8	CP2	50,25	50,07	50,29	50,33	12,49	12,73	12,76	12,71	12,74	27,55	32013,75	860,57
Ch 2	P 5	CP3	50,17	50,12	50,39	50,38	12,06	12,30	12,42	12,13	12,30	29,03	30930,10	938,57
	P 8	CP4	50,42	50,42	49,65	49,86	12,35	12,37	12,20	12,36	12,37	27,70	30931,62	895,52
Ch 3	P 5	CP5	50,15	50,28	50,37	50,24	12,23	12,30	12,20	12,10	12,28	29,51	30873,57	955,83
	P 8	CP6	50,29	50,37	50,59	50,08	12,45	12,32	12,33	12,28	12,37	27,70	31287,00	885,35
Ch 4	P 5	CP7	50,39	50,36	50,18	50,16	12,38	12,34	12,50	12,59	12,51	28,72	31500,44	911,73
	P 8	CP8	50,33	50,36	49,62	49,88	12,40	12,54	12,53	12,45	12,49	29,59	31263,21	946,48
Ch 5	P 5	CP9	50,37	50,32	50,23	50,24	12,19	12,09	12,42	12,53	12,41	28,82	31178,51	924,35
	P 8	CP10	50,12	50,14	50,43	50,48	12,04	12,19	12,42	12,21	12,36	27,00	30968,86	871,84

Onde:

Comprimento = $(\text{Lado A} + \text{Lado B})/2 \rightarrow$ Média do comprimento do CP (mm)

Largura = $(\text{Lado C} + \text{Lado D})/2 \rightarrow$ Média da largura do CP (mm)

Espessura = $(\text{Ponto 1} + \text{Ponto 2} + \text{Ponto 3} + \text{Ponto 4} + \text{Ponto 5})/5 \rightarrow$ Média da espessura do CP (mm)

Volume = Comprimento x Largura x Espessura (mm³)

Chapa $\rightarrow$ Ch

Densidade $\rightarrow \rho = m/V \rightarrow \rho = (m/V) \times 1000000 \rightarrow (\text{kg/m}^3)$

m = massa do corpo de prova $\rightarrow$ (grs)

$V = [((L_A + L_B)/2) \times ((L_C + L_D)/2)] \times ((P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5)/5) \rightarrow (\text{mm}^3)$

RESULTADOS BAMBU (B) 100%	
Valor Máximo (KG/MM³)	955,83
Valor Médio (KG/MM³)	908,89
Valor Mínimo (KG/MM³)	860,57
Coef. Variação (%)	3,53
Desvio Padrão (KG/MM³)	32,13

APÊNDICE B – Dados Inchamento em Espessura 24h

PAINÉIS DISSERTAÇÃO MESTRADO - INCHAMENTO EM ESPESSURA 24 h						
COMPOSIÇÃO: 70% (B) BAMBU - 30%(A) ARROZ						
PAINEL	POSIÇÃO	CORPOS DE PROVA	E0 - (MM)	E1 - (MM)	ESPESSURA (MM)	RESULTADO 24H (%)
Ch 1	P 4	CP1	12,7	13,91	0,10	9,53
	P 6	CP2	12,92	12,96	0,00	0,31
Ch 2	P 4	CP3	12,95	13	0,00	0,39
	P 6	CP4	12,65	12,82	0,01	1,34
Ch 3	P 4	CP5	12,61	12,86	0,02	1,98
	P 6	CP6	12,6	12,99	0,03	3,10
Ch 4	P 4	CP7	12,78	13,24	0,04	3,60
	P 6	CP8	12,56	12,99	0,03	3,42
Ch 5	P 4	CP9	12,78	12,88	0,01	0,78
	P 6	CP10	12,68	12,88	0,02	1,58
Onde:						
Chapa → Ch						
$I = [(E1 - E0) / E0] \times 100$						
E0 = Espessura em CP antes de inersão (mm)						
E1 = Espessura em CP após inersão (mm)						
I = Inchamento em espessura do CP em porcentagem (%) após 24 horas						
RESULTADOS BAMBU (B) 70% E ARROZ (A) 30%						
Valor Máximo (%)			8,67			
Valor Médio (%)			2,60			
Valor Mínimo (%)			0,39			
Coef. Variação (%)			104,33			
Desvio Padrão (%)			2,72			

PAINÉIS DISSERTAÇÃO MESTRADO - INCHAMENTO EM ESPESSURA 24 h

COMPOSIÇÃO: 80% (B) BAMBU - 20%(A) ARROZ

PAINEL	POSIÇÃO	CORPOS DE PROVA	E0 - (MM)	E1 - (MM)	ESPESSURA (MM)	RESULTADO 24H (%)
Ch 1	P 4	CP1	12,73	13,23	0,04	3,93
	P 6	CP2	12,74	13,39	0,05	5,10
Ch 2	P 4	CP3	12,75	13,02	0,02	2,12
	P 6	CP4	12,74	12,81	0,01	0,55
Ch 3	P 4	CP5	12,59	13,25	0,05	5,24
	P 6	CP6	12,52	13,09	0,05	4,55
Ch 4	P 4	CP7	12,83	12,98	0,01	1,17
	P 6	CP8	12,76	12,79	0,00	0,24
Ch 5	P 4	CP9	12,79	13,02	0,02	1,80
	P 6	CP10	12,85	12,88	0,00	0,23

Onde:

Chapa → Ch

$I = [(E1 - E0) / E0] \times 100$

E0 = Espessura em CP antes de imersão (mm)

E1 = Espessura em CP após imersão (mm)

I = Inchamento em espessura do CP em porcentagem (%) após 24 horas

RESULTADOS BAMBU (B) 80% E ARROZ (A) 20%	
Valor Máximo	5,67
Valor Médio	2,49
Valor Mínimo	0,24
Coef. Variação (%)	81,36
Desvio Padrão	2,03

PAINÉIS DISSERTAÇÃO MESTRADO - **INCHAMENTO EM ESPESSURA 24 h**
COMPOSIÇÃO: 90% (B) BAMBU - 10%(A) ARROZ

PAINEL	POSIÇÃO	CORPOS DE PROVA	E0 - (MM)	E1 - (MM)	ESPESSURA (MM)	RESULTADO 24H (%)
Ch 1	P 4	CP1	12,72	13,23	0,04	4,01
	P 6	CP2	12,78	13,04	0,02	2,03
Ch 2	P 4	CP3	12,72	12,97	0,02	1,97
	P 6	CP4	12,93	12,98	0,00	0,39
Ch 3	P 4	CP5	12,77	12,81	0,00	0,31
	P 6	CP6	12,8	12,87	0,01	0,55
Ch 4	P 4	CP7	12,65	13,21	0,04	4,43
	P 6	CP8	12,59	12,82	0,02	1,83
Ch 5	P 4	CP9	12,58	12,89	0,02	2,46
	P 6	CP10	12,69	12,82	0,01	1,02

Onde:

Chapa → Ch

$$I = [(E1 - E0) / E0] \times 100$$

E0 = Espessura em CP antes de imersão (mm)

E1 = Espessura em CP após imersão (mm)

I = Inchamento em espessura do CP em porcentagem (%) após 24 horas

RESULTADOS BAMBU (B) 90% E ARROZ (A) 10%	
Valor Máximo	3,68
Valor Médio	1,90
Valor Mínimo	0,39
Coef. Variação (%)	75,64
Desvio Padrão	1,44

PAINÉIS DISSERTAÇÃO MESTRADO - INCHAMENTO EM ESPESURA 24 h

COMPOSIÇÃO: 100% (B) BAMBU

PAINEL	POSIÇÃO	CORPOS DE PROVA	E0 - (MM)	E1 - (MM)	ESPESURA (MM)	RESULTADO 24H (%)
Ch 1	P 4	CP1	12,40	13,06	0,05	5,32
	P 6	CP2	12,50	12,95	0,04	3,60
Ch 2	P 4	CP3	12,53	12,95	0,03	3,35
	P 6	CP4	12,43	12,86	0,03	3,46
Ch 3	P 4	CP5	12,52	12,93	0,03	3,27
	P 6	CP6	12,41	12,85	0,04	3,55
Ch 4	P 4	CP7	12,61	13,06	0,04	3,57
	P 6	CP8	12,56	13,01	0,04	3,58
Ch 5	P 4	CP9	12,56	13,03	0,04	3,74
	P 6	CP10	12,30	12,89	0,05	4,80

Onde:

Chapa → Ch

$I = [(E1 - E0) / E0] \times 100$

E0 = Espessura em CP antes de inersão (mm)

E1 = Espessura em CP após inersão (mm)

I = Inchamento em espessura do CP em porcentagem (%) após 24 horas

RESULTADOS BAMBU (B) 100%	
Valor Máximo	5,32
Valor Médio	3,82
Valor Mínimo	3,27
Coef. Variação (%)	17,66
Desvio Padrão	0,68

APÊNDICE C – Dados Absorção de Água 24h

PAINÉIS DISSERTAÇÃO MESTRADO - **ABSORÇÃO DE ÁGUA 24H**
COMPOSIÇÃO: 70% (B) BAMBU - 30%(A) ARROZ

PAINEL	POSICÃO	CORPOS DE PROVA	M0 - (G)	M1 - (G)	MASSA (G)	RESULTADO 24H (%)
Ch 1	P 4	CP1	29,84	31,47	0,05	5,46
	P 6	CP2	30,64	31,96	0,04	4,31
Ch 2	P 4	CP3	30,38	31,63	0,04	4,11
	P 6	CP4	29,89	32,85	0,10	9,90
Ch 3	P 4	CP5	30,32	32,76	0,08	8,05
	P 6	CP6	29,53	32,28	0,09	9,31
Ch 4	P 4	CP7	29,34	33,42	0,14	13,91
	P 6	CP8	31,21	32,33	0,04	3,59
Ch 5	P 4	CP9	28,65	32,37	0,13	12,98
	P 6	CP10	30,1	31,84	0,06	5,78

Onde:

Chapa → Ch

$$A = [(M1 - M0) / M0] \times 100$$

M0 = Massa do CP antes de imersão (g)

M1 = Massa do CP após imersão (g)

A = Absorção de água do CP em porcentagem (%) após 24 horas

RESULTADOS BAMBU (B) 70% E ARROZ (A) 30%	
Valor Máximo (%)	13,91
Valor Médio (%)	7,74
Valor Mínimo (%)	3,59
Coef. Variação (%)	47,94
Desvio Padrão (%)	3,71

PAINÉIS DISSERTAÇÃO MESTRADO - ABSORÇÃO DE ÁGUA 24H COMPOSIÇÃO: 80% (B) BAMBU - 20%(A) ARROZ						
PAINEL	POSICÃO	CORPOS DE PROVA	M0 - (g)	M1 - (g)	MASSA (g)	RESULTADO 24H (%)
Ch 1	P 4	CP1	30,28	32,87	0,09	8,55
	P 6	CP2	29,53	32,54	0,10	10,19
Ch 2	P 4	CP3	28,2	30,35	0,08	7,62
	P 6	CP4	30,97	32,53	0,05	5,04
Ch 3	P 4	CP5	30,78	33,78	0,10	9,75
	P 6	CP6	29,12	32,86	0,13	12,84
Ch 4	P 4	CP7	29,29	31,26	0,07	6,73
	P 6	CP8	30,47	31,99	0,05	4,99
Ch 5	P 4	CP9	29,31	31,26	0,07	6,65
	P 6	CP10	30,5	31,60	0,04	3,61

Onde:

Chapa → Ch

$A = [(M1 - M0) / M0] \times 100$

M0 = Massa do CP antes de imersão (g)

M1 = Massa do CP após imersão (g)

A = Absorção de água do CP em porcentagem (%) após 24 horas

RESULTADOS BAMBU (B) 80% E ARROZ (A) 20%	
Valor Máximo (%)	12,84
Valor Médio (%)	7,60
Valor Mínimo (%)	3,61
Coef. Variação (%)	36,90
Desvio Padrão (%)	2,80

PAINÉIS DISSERTAÇÃO MESTRADO - ABSORÇÃO DE ÁGUA 24H
COMPOSIÇÃO: 90%(B) BAMBU - 10%(A) ARROZ

PAINEL	POSIÇÃO	CORPOS DE PROVA	M0 - (G)	M1 - (G)	MASSA (G)	RESULTADO 24H (%)
Ch 1	P 4	CP1	29,47	32,24	0,09	9,40
	P 6	CP2	30,24	32,95	0,09	8,96
Ch 2	P 4	CP3	30,86	31,98	0,04	3,63
	P 6	CP4	30,54	31,60	0,03	3,47
Ch 3	P 4	CP5	30,02	31,78	0,06	5,86
	P 6	CP6	29,75	31,72	0,07	6,62
Ch 4	P 4	CP7	30,07	33,52	0,11	11,47
	P 6	CP8	29,97	31,96	0,07	6,64
Ch 5	P 4	CP9	29,5	31,45	0,07	6,61
	P 6	CP10	30,44	32,30	0,06	6,11

Onde:

Chapa → Ch

$A = [(M1 - M0) / M0] \times 100$

M0 = Massa do CP antes de inserção (g)

M1 = Massa do CP após inserção (g)

A = Absorção de água do CP em porcentagem (%) após 24 horas

RESULTADOS BAMBU (B) 90% E ARROZ (A) 10%	
Valor Máximo (%)	11,47
Valor Médio (%)	6,88
Valor Mínimo (%)	3,47
Coef. Variação (%)	36,20
Desvio Padrão (%)	2,49

PAINÉIS DISSERTAÇÃO MESTRADO - ABSORÇÃO DE ÁGUA 24H						
COMPOSIÇÃO: 100%(B) BAMBU						
PAINEL	POSICÃO	CORPOS DE PROVA	M0 - (G)	M1 - (G)	MASSA (G)	RESULTADO 24H (%)
Ch 1	P 4	CP1	28,17	31,16	0,11	10,61
	P 6	CP2	28,23	31,15	0,10	10,34
Ch 2	P 4	CP3	30,36	33,03	0,09	8,79
	P 6	CP4	28,54	31,53	0,10	10,48
Ch 3	P 4	CP5	30,03	32,84	0,09	9,36
	P 6	CP6	29,58	32,38	0,09	9,47
Ch 4	P 4	CP7	28,63	31,96	0,12	11,63
	P 6	CP8	29,56	32,56	0,10	10,15
Ch 5	P 4	CP9	29,98	32,99	0,10	10,04
	P 6	CP10	28,37	31,33	0,10	10,43

Onde:

Chapa → Ch

$A = [(M1 - M0) / M0] \times 100$

M0 = Massa do CP antes de imersão (g)

M1 = Massa do CP após imersão (g)

A = Absorção de água do CP em porcentagem (%) após 24 horas

RESULTADOS BAMBU (B) 100%	
Valor Máximo (%)	11,63
Valor Médio (%)	10,13
Valor Mínimo (%)	8,79
Coef. Variação (%)	7,77
Desvio Padrão (%)	0,79

APÊNDICE D – Dados Umidade

PAINÉIS DISSERTAÇÃO MESTRADO - UMIDADE						
COMPOSIÇÃO: 70%(B) BAMBU - 30%(A) ARROZ						
PAINEL	POSICÃO	CORPOS DE PROVA	M0 - (G) ÚMIDA	M1 - (G) SECA	MASSA (G)	RESULTADO 24H (%)
Ch 1	P 3	CP1	27,68	23,87	0,16	15,96
	P 7	CP2	30,29	27,21	0,11	11,32
Ch 2	P 3	CP3	29,71	23,99	0,24	23,84
	P 7	CP4	29,63	26,11	0,13	13,48
Ch 3	P 3	CP5	27,41	24,13	0,14	13,59
	P 7	CP6	30,82	27,01	0,14	14,11
Ch 4	P 3	CP7	27,56	26,07	0,06	5,72
	P 7	CP8	29,74	25,69	0,16	15,76
Ch 5	P 3	CP9	27,31	24,46	0,12	11,65
	P 7	CP10	30,82	26,77	0,15	15,13

Onde:

Chapa → Ch

$$U = [(M1 - M0) / M0] \times 100$$

M0 = Massa úmida (inical) do CP antes de imersão (g)

M1 = Massa seca (final) do CP após imersão (g)

U = Umidade residual do CP em porcentagem (%).

RESULTADOS BAMBU (B) 70% E ARROZ (A) 30%	
Valor Máximo (%)	15,69
Valor Médio (%)	14,06
Valor Mínimo (%)	12,03
Coef. Variação (%)	32,42
Desvio Padrão (%)	4,56

PAINÉIS DISSERTAÇÃO MESTRADO - UMIDADE COMPOSIÇÃO: 80% (B) BAMBU - 20%(A) ARROZ						
PAINEL	POSIÇÃO	CORPOS DE PROVA	M0 - (G) ÚMIDA	M1 - (G) SECA	MASSA (G)	RESULTADO 24H (%)
Ch 1	P 3	CP1	26,45	25,57	0,03	3,44
	P 7	CP2	31,05	26,14	0,19	18,78
Ch 2	P 3	CP3	28,28	25,10	0,13	12,67
	P 7	CP4	28,72	25,24	0,14	13,79
Ch 3	P 3	CP5	28,09	24,84	0,13	13,08
	P 7	CP6	29,62	26,59	0,11	11,40
Ch 4	P 3	CP7	29,36	24,05	0,22	22,08
	P 7	CP8	29,11	25,02	0,16	16,35
Ch 5	P 3	CP9	29,48	22,89	0,29	28,79
	P 7	CP10	30,02	27,39	0,10	9,60

Onde:

Chapa → Ch

$U = [(M1 - M0) / M0] \times 100$

M0 = Massa úmida (inicial) do CP antes de imersão (g)

M1 = Massa seca (final) do CP após imersão (g)

U = Umidade residual do CP em porcentagem (%).

RESULTADOS BAMBU (B) 80% E ARROZ (A) 20%	
Valor Máximo	16,32
Valor Médio	15,00
Valor Mínimo	13,09
Coef. Variação	46,76
Desvio Padrão	7,01

PAINÉIS DISSERTAÇÃO MESTRADO - UMIDADE COMPOSIÇÃO: 90%(B) BAMBU - 10%(A) ARROZ						
PAINEL	POSIÇÃO	CORPOS DE PROVA	M0 - (G) ÚMIDA	M1 - (G) SECA	MASSA (G)	RESULTADO 24H (%)
Ch 1	P 3	CP1	29,03	24,52	0,18	18,39
	P 7	CP2	29,64	25,86	0,15	14,62
Ch 2	P 3	CP3	28,01	23,01	0,22	21,73
	P 7	CP4	30,17	25,32	0,19	19,15
Ch 3	P 3	CP5	27,36	22,78	0,20	20,11
	P 7	CP6	29,53	25,66	0,15	15,08
Ch 4	P 3	CP7	27,02	23,82	0,13	13,43
	P 7	CP8	29,5	25,35	0,16	16,37
Ch 5	P 3	CP9	28,75	24,71	0,16	16,35
	P 7	CP10	30,31	25,70	0,18	17,94

Onde:

Chapa → Ch

$U = [(M1 - M0) / M0] \times 100$

M0 = Massa úmida (inicial) do CP antes de imersão (g)

M1 = Massa seca (final) do CP após imersão (g)

U = Umidade residual do CP em porcentagem (%).

RESULTADOS BAMBU (B) 90% E ARROZ (A) 10%	
Valor Máximo	16,68
Valor Médio	17,32
Valor Mínimo	13,27
Coef. Variação	15,08
Desvio Padrão	2,61

PAINÉIS DISSERTAÇÃO MESTRADO - UNIDADE

COMPOSIÇÃO: 1000%(B) BAMBU

PAINEL	POSIÇÃO	CORPOS DE PROVA	M0 - (G) ÚMIDA	M1 - (G) SECA	MASSA (G)	RESULTAD O 24H (%)
Ch 1	P 3	CP1	27,48	25,76	0,07	6,68
	P 7	CP2	27,77	25,95	0,07	7,01
Ch 2	P 3	CP3	29,72	27,85	0,07	6,71
	P 7	CP4	28,42	26,60	0,07	6,84
Ch 3	P 3	CP5	28,72	26,92	0,07	6,69
	P 7	CP6	29,01	27,20	0,07	6,65
Ch 4	P 3	CP7	27,78	26,11	0,06	6,40
	P 7	CP8	29,86	27,92	0,07	6,95
Ch 5	P 3	CP9	29,41	27,61	0,07	6,52
	P 7	CP10	28,86	27,10	0,06	6,49

Onde:

Chapa → Ch

$U = [(M1 - M0) / M0] \times 100$

M0 = Massa úmida (inical) do CP antes de inersão (g)

M1 = Massa seca (final) do CP após inersão (g)

U = Umidade residual do CP em porcentagem (%).

RESULTADOS BAMBU (B) 100%	
Valor Máximo	7,01
Valor Médio	6,69
Valor Mínimo	6,4
Coef. Variação	2,95
Desvio Padrão	0,20

APÊNDICE E – Ensaios Mecânicos: Dados de Resistência a Flexão e Módulo de Elasticidade

PAINÉIS DISSERTAÇÃO MESTRADO - FLEXÃO E MÓDULO DE ELASTICIDADE						
COMPOSIÇÃO: 70% (B) BAMBU - 30%(A) ARROZ						
PAINEL	POSIÇÃO	CORPOS DE PROVA	B - LARGURA (MM)	E - ESPESSURA (MM)	MOE (Mpa)	MOR (Mpa)
Ch 1	P 2	CP1	50,26	12,7		28,60
	P 9	CP2	50,27	12,75	3059,76	24,60
Ch 2	P 2	CP3	50,34	12,87	3632,09	29,70
	P 9	CP4	50,18	12,76	2319,80	18,40
Ch 3	P 2	CP5	50,2	12,64	3970,55	30,58
	P 9	CP6	50,28	12,8	3454,04	27,44
Ch 4	P 2	CP7	50,18	12,7	3499,52	27,99
	P 9	CP8	50,26	12,99	3138,26	24,76
Ch 5	P 2	CP9	50,24	12,81	3702,67	26,59
	P 9	CP10	50,31	12,95	3059,97	22,88

Onde:

MOE = Módulo de Elasticidade em (Mpa)

P1 = Carga limite proporcional → lida no indicador de cargas (N)

D = Distância entre os pontos de apoio → (mm)

d = Deflexão correspondente a carga P1 → (mm)

B = Largura do corpo de provas → (mm)

E = Espessura média tomada em três pontos do corpo de provas → (mm)

RESULTADOS BAMBU (B) 70% E ARROZ (A) 30%			MOR (Mpa)
Valor Máximo (Mpa)		30,58	
Valor Médio (Mpa)		26,15	
Valor Mínimo (Mpa)		18,40	
Coef. Variação (%)		13,88	
Desvio Padrão (Mpa)		3,63	
RESULTADOS BAMBU (B) 70% E ARROZ (A) 30%			MOE (Mpa)
Valor Máximo (Mpa)		3970,55	
Valor Médio (Mpa)		3315,18	
Valor Mínimo (Mpa)		2319,80	
Coef. Variação (%)		14,65	
Desvio Padrão (Mpa)		485,52	

PAINÉIS DISSERTAÇÃO MESTRADO - FLEXÃO E MÓDULO DE ELASTICIDADE						
COMPOSIÇÃO: 80% (B) BAMBU - 20%(A) ARROZ						
PAINEL	POSICÃO	CORPOS B - LARGURA		E -		MOE (Mpa) MOR (Mpa)
		DE PROVA	(MM)	ESPESSURA	(MM)	
Ch 1	P 2	CP1	50,18	12,74	3286,43	25,14
	P 9	CP2	50,19	12,95	3405,92	25,81
Ch 2	P 2	CP3	50,07	12,76	3630,95	28,51
	P 9	CP4	50,29	12,92	3720,88	19,94
Ch 3	P 2	CP5	50,22	12,82	3266,78	27,35
	P 9	CP6	50,09	12,83	3867,95	23,20
Ch 4	P 2	CP7	50,00	12,78	2671,75	27,49
	P 9	CP8	50,32	12,99	4004,21	19,23
Ch 5	P 2	CP9	50,25	12,88	4004,21	31,20
	P 9	CP10	50,20	13,07	2785,33	20,21

Onde:

MOE = Módulo de Elasticidade em (Mpa)

P1 = Carga limite proporcional → lida no indicador de cargas (N)

D = Distância entre os pontos de apoio → (mm)

d = Deflexão correspondente a carga P1 → (mm)

B = Largura do corpo de provas → (mm)

E = Espessura média tomada em três pontos do corpo de provas → (mm)

RESULTADOS BAMBU (B) 80% E ARROZ (A) 20%			
Valor Máximo (Mpa)			31,20
Valor Médio (Mpa)			24,81
Valor Mínimo (Mpa)			19,23
Coef. Variação (%)			13,62
Desvio Padrão (Mpa)			4,05

RESULTADOS BAMBU (B) 80% E ARROZ (A) 20%			
Valor Máximo (Mpa)			4004,21
Valor Médio (Mpa)			3464,44
Valor Mínimo (Mpa)			2671,75
Coef. Variação (%)			13,62
Desvio Padrão (Mpa)			471,73

PAINÉIS DISSERTAÇÃO MESTRADO - FLEXÃO E MÓDULO DE ELASTICIDADE						
COMPOSIÇÃO: 90% (B) BAMBU - 10%(A) ARROZ						
PAINEL	POSIÇÃO	CORPOS DE PROVA	B - LARGURA (MM)	E - ESPESSURA (MM)	MOE (Mpa)	MOR (Mpa)
Ch 1	P 2	CP1	50,18	12,74	4091,69	31,64
	P 9	CP2	50,19	12,95	2665,49	18,65
Ch 2	P 2	CP3	50,07	12,76	3783,91	28,86
	P 9	CP4	50,29	12,92	2701,18	18,88
Ch 3	P 2	CP5	50,22	12,82	3548,98	25,88
	P 9	CP6	50,09	12,83	3013,04	23,86
Ch 4	P 2	CP7	50,00	12,78	3354,36	25,10
	P 9	CP8	50,32	12,99	3297,11	24,51
Ch 5	P 2	CP9	50,25	12,88	3479,68	25,66
	P 9	CP10	50,20	13,07	3117,13	24,48

Onde:

MOE = Módulo de Elasticidade em (Mpa)

P1 = Carga limite proporcional → lida no indicador de cargas (N)

D = Distância entre os pontos de apoio → (mm)

d = Deflexão correspondente a carga P1 → (mm)

B = Largura do corpo de provas → (mm)

E = Espessura média tomada em três pontos do corpo de provas → (mm)

RESULTADOS BAMBU (B) 90% E ARROZ (A) 10%	
Valor Máximo (Mpa)	31,20
Valor Médio (Mpa)	24,75
Valor Mínimo (Mpa)	18,65
Coef. Variação (%)	15,89
Desvio Padrão (Mpa)	3,93

RESULTADOS BAMBU (B) 90% E ARROZ (A) 10%	
Valor Máximo (Mpa)	4091,69
Valor Médio (Mpa)	3305,26
Valor Mínimo (Mpa)	2665,49
Coef. Variação (%)	13,66
Desvio Padrão (Mpa)	451,53

PAINÉIS DISSERTAÇÃO MESTRADO - FLEXÃO E MÓDULO DE ELASTICIDADE						
COMPOSIÇÃO: 100% (B) BAMBU						
PAINEL	POSIÇÃO	CORPOS DE PROVA	B - LARGURA (MM)	E - ESPESSURA (MM)	MOE (Mpa)	MOR (Mpa)
Ch 1	P 2	CP1	12,78	50,25	3330,86	24,24
	P 9	CP2	13,12	49,89	2079,06	16,80
Ch 2	P 2	CP3	12,66	50,21		26,74
	P 9	CP4	12,87	50,06	2718,97	20,26
Ch 3	P 2	CP5	2,62	50,17	3511,31	26,61
	P 9	CP6	12,76	49,95	2671,57	19,17
Ch 4	P 2	CP7	12,96	50,21	3889,67	30,93
	P 9	CP8	12,81	50,25	2561,44	18,78
Ch 5	P 2	CP9	12,74	50,21	3650,67	28,71
	P 9	CP10	12,91	50,18	2645,19	18,29

Onde:

MOE = Módulo de Elasticidade em (Mpa)

P1 = Carga limite proporcional → lida no indicador de cargas (N)

D = Distância entre os pontos de apoio → (mm)

d = Deflexão correspondente a carga P1 → (mm)

B = Largura do corpo de provas → (mm)

E = Espessura média tomada em três pontos do corpo de provas → (mm)

MOR - RESULTADOS BAMBU (B) 100%	
Valor Máximo (MPa)	3889,67
Valor Médio (MPa)	3006,53
Valor Mínimo (MPa)	2079,06
Coef. Variação (%)	129,37
Desvio Padrão (MPa)	606,07
MOE - RESULTADOS BAMBU (B) 100%	
Valor Máximo (MPa)	30,93
Valor Médio (MPa)	23,05
Valor Mínimo (MPa)	16,8
Coef. Variação (%)	134,17
Desvio Padrão (MPa)	5,00

APÊNDICE F – Dados de Resistência à Flexão (Módulo de elasticidade (MOE), Módulo de Ruptura (MOR)) e Relatório de Ensaio EMIC

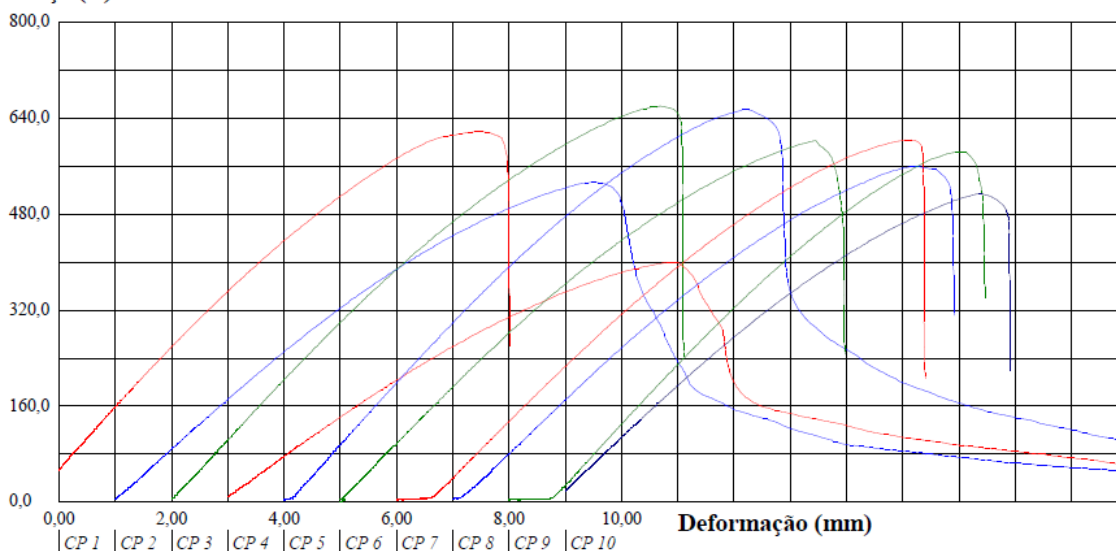
UNESP - Universidade Estadual Paulista Faculdade de Engenharia de Bauru - Laboratório de Construção Civil

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL30000N** Célula: **Trd 26** Extensômetro: - Data: **16/07/2015** Hora: **10:46:49** Trabalho n° **2467**
 Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Chapa Aglomerado Flexão estática B MOE NBR14810**
 Ident. Amostra: >>>> Material: **Bambu e Arroz** Traço: **70% Bambu e 30% Arroz** Projeto Pesquisa: **Mestrado Andréia**

Corpo de Prova	espessura (mm)	largura (mm)	P est (N)	velocidade carga (mm/min)	carga ruptura P (N)	MOR (MPa)	MOE 10% a 50% (MPa)
CP 1	12,70	50,26	516,70	7	618,25	28,60	*
CP 2	12,75	50,27	516,70	7	533,85	24,50	3059,76
CP 3	12,87	50,34	516,70	7	660,45	29,70	3632,09
CP 4	12,76	50,18	516,70	7	400,91	18,40	2319,80
CP 5	12,64	50,20	516,70	7	654,12	30,58	3970,55
CP 6	12,80	50,28	516,70	7	602,78	27,44	3454,05
CP 7	12,70	50,18	516,70	7	604,18	27,99	3499,52
CP 8	12,99	50,26	516,70	7	559,87	24,76	3138,26
CP 9	12,81	50,24	516,70	7	584,49	26,59	3702,67
CP 10	12,95	50,31	516,70	7	514,86	22,88	3059,97
Número CPs	10	10	10	10	10	10	9
Média	12,80	50,25	516,7	7,000	573,4	26,14	3315
Desv. Padrão	0,1122	0,05329	0,0000	0,0000	76,71	3,635	485,5
Coef. Var. (%)	0,8764	0,1060	0,0000	0,0000	13,38	13,90	14,65
Mínimo	12,64	50,18	516,7	7,000	400,9	18,40	2320
Máximo	12,99	50,34	516,7	7,000	660,5	30,58	3971

Força (N)



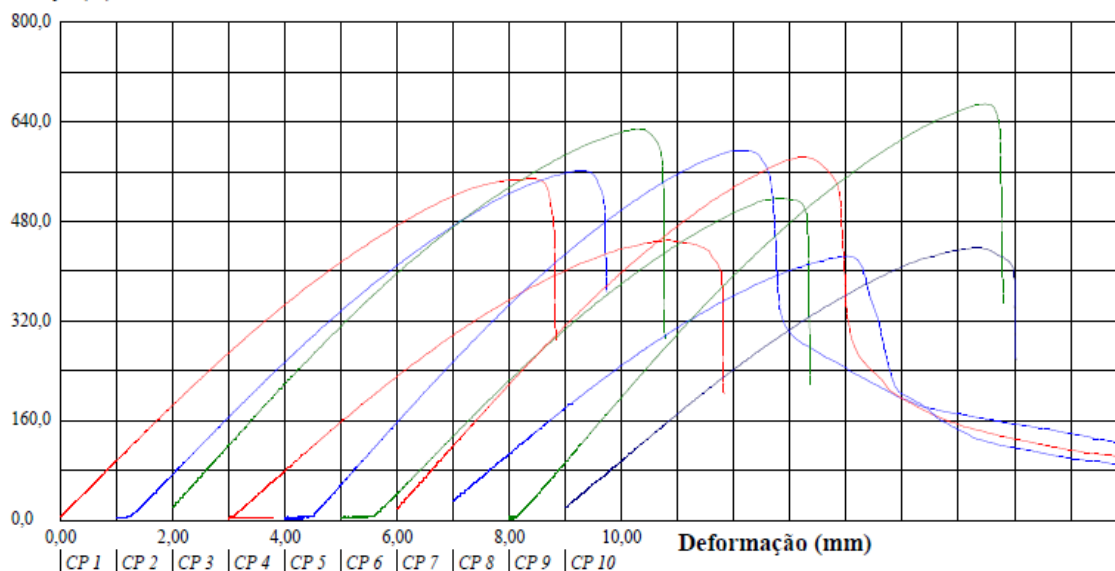
UNESP - Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Engenharia de Bauru - Laboratório de Construção Civil

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL30000N** Célula: **Trd 26** Extensômetro: - Data: **16/07/2015** Hora: **11:13:03** Trabalho n° **2468**
Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Chapa Aglomerado Flexão estática B MOE NBR14810**
Ident. Amostra: >>>> Material: **Bambu e Arroz** Traço: **80% Bambu e 20% Arroz** Projeto Pesquisa: **Mestrado Andréia**

Corpo de Prova	espessura (mm)	largura (mm)	P est (N)	velocidade carga (mm/min)	carga ruptura P (N)	MOR (MPa)	MOE 10% a 50% (MPa)
CP 1	12,77	50,18	492,40	7	548,62	25,14	3286,43
CP 2	12,75	50,22	492,40	7	561,98	25,81	3405,92
CP 3	12,84	50,16	492,40	7	628,80	28,51	3630,95
CP 4	12,93	50,63	492,40	7	450,15	19,94	2709,95
CP 5	12,74	50,27	492,40	7	595,04	27,35	3720,88
CP 6	12,89	50,42	492,40	7	518,37	23,20	3266,78
CP 7	12,59	50,30	492,40	7	584,49	27,49	3867,95
CP 8	12,82	50,41	492,40	7	424,83	19,23	2671,75
CP 9	12,65	50,24	492,40	7	668,89	31,20	4004,21
CP 10	12,71	50,33	492,40	7	438,19	20,21	2785,33
Número CPs	10	10	10	10	10	10	10
Média	12,77	50,32	492,4	7,000	541,9	24,81	3335
Desv. Padrão	0,1049	0,1409	0,0000	0,0000	83,13	4,053	484,6
Coef.Var.(%)	0,8217	0,2800	0,0000	0,0000	15,34	16,34	14,53
Mínimo	12,59	50,16	492,4	7,000	424,8	19,23	2672
Máximo	12,93	50,63	492,4	7,000	668,9	31,20	4004

Força (N)



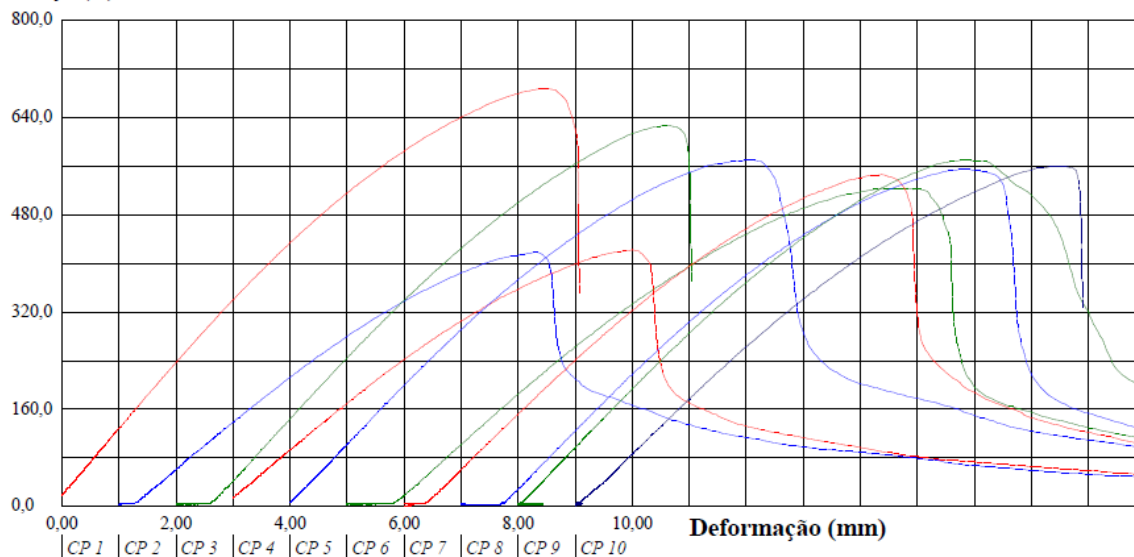
UNESP - Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Engenharia de Bauru - Laboratório de Construção Civil

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL30000N** Célula: **Trd 26** Extensômetro: - Data: **16/07/2015** Hora: **11:41:13** Trabalho nº **2469**
Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Chapa Aglomerado Flexão estática B MOE NBR14810**
Ident. Amostra: >>>> Material: **Bambu e Arroz** Traço: **90% Bambu e 10% Arroz** Projeto Pesquisa: **Mestrado Andréia**

Corpo de Prova	espessura (mm)	largura (mm)	P est (N)	velocidade carga (mm/min)	carga ruptura P (N)	MOR (MPa)	MOE 10% a 50% (MPa)
CP 1	12,74	50,18	513,60	7	687,18	31,64	4091,69
CP 2	12,95	50,19	513,60	7	418,50	18,65	2665,49
CP 3	12,76	50,07	513,60	7	627,40	28,86	3783,91
CP 4	12,92	50,29	513,60	7	422,72	18,88	2701,18
CP 5	12,82	50,22	513,60	7	569,72	25,88	3548,98
CP 6	12,83	50,09	513,60	7	524,70	23,86	3013,04
CP 7	12,78	50,00	513,60	7	546,51	25,10	3354,36
CP 8	12,99	50,32	513,60	7	554,95	24,51	3297,11
CP 9	12,88	50,25	513,60	7	570,42	25,66	3479,68
CP 10	13,07	50,20	513,60	7	559,87	24,48	3117,13
Número CPs	10	10	10	10	10	10	10
Média	12,87	50,18	513,6	7,000	548,2	24,75	3305
Desv. Padrão	0,1077	0,1007	0,0000	0,0000	81,55	3,933	451,5
Coef. Var. (%)	0,8368	0,2007	0,0000	0,0000	14,88	15,89	13,66
Mínimo	12,74	50,00	513,6	7,000	418,5	18,65	2665
Máximo	13,07	50,32	513,6	7,000	687,2	31,64	4092

Força (N)



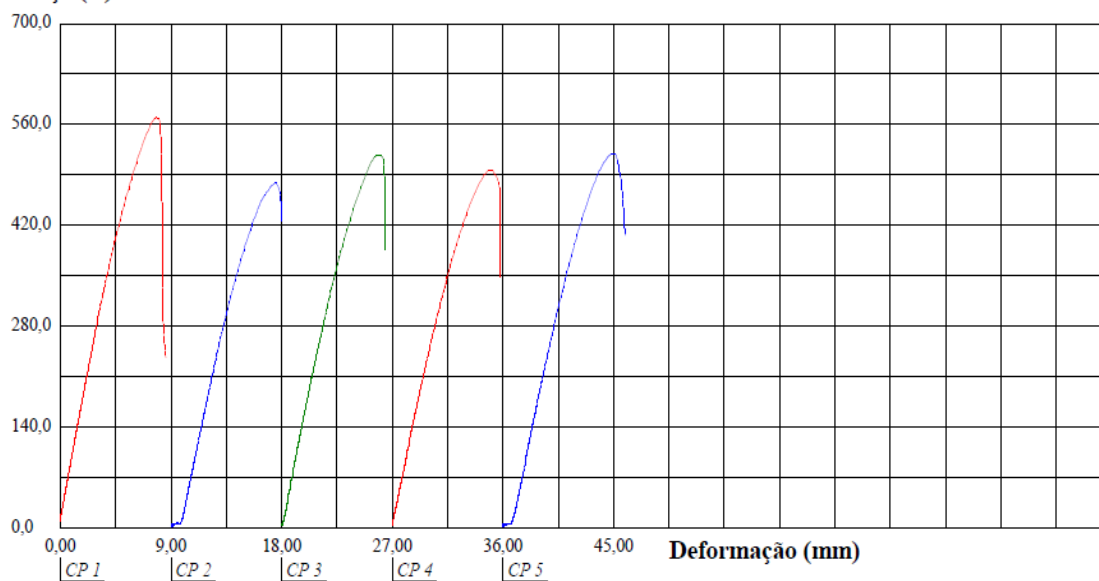
UNESP - Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Engenharia de Bauru - Laboratório de Construção Civil

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL30000N** Célula: **Trd 26** Extensômetro: - Data: **15/07/2015** Hora: **17:36:32** Trabalho n° **2461**
Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Chapa Aglomerado Flexão estática A MOR NBR14810**
Ident. Amostra: >>>> Material: **Bambu e Arroz** Traço: **70% Bambu e 30% Arroz** Projeto Pesquisa: **Mestrado Andréia**

Corpo de Prova	dist apoios (mm)	espessura (mm)	largura (mm)	velocidade carga (mm/min)	Carga Ruptura P (N)	Módulo de Ruptura (MOR) (MPa)
CP 1	250,00	12,95	50,30	7	569,72	25,33
CP 2	250,00	12,89	50,50	7	479,69	21,44
CP 3	250,00	12,72	50,04	7	516,97	23,94
CP 4	250,00	12,88	48,95	7	497,27	22,96
CP 5	250,00	12,95	50,24	7	519,78	23,13
Número CPs	5	5	5	5	5	5
Média	250,0	12,88	50,01	7,000	516,7	23,36
Desv. Padrão	0,0000	0,09418	0,6127	0,0000	33,79	1,424
Coef. Var. (%)	0,0000	0,7313	1,225	0,0000	6,540	6,095
Mínimo	250,0	12,72	48,95	7,000	479,7	21,44
Máximo	250,0	12,95	50,50	7,000	569,7	25,33

Força (N)



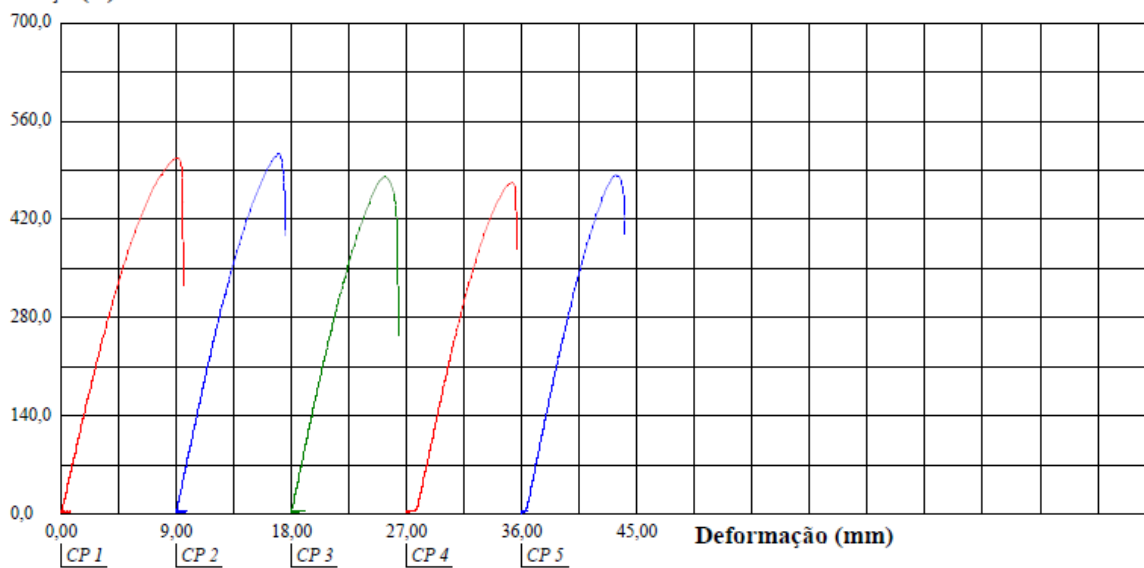
UNESP - Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Engenharia de Bauru - Laboratório de Construção Civil

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL30000N** Célula: **Trd 26** Extensômetro: - Data: **15/07/2015** Hora: **17:47:07** Trabalho n° **2462**
Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Chapa Aglomerado Flexão estática A MOR NBR14810**
Ident. Amostra: >>>> Material: **Bambu e Arroz** Traço: **80% Bambu e 20% Arroz** Projeto Pesquisa: **Mestrado Andréia**

Corpo de Prova	dist apoios (mm)	espessura (mm)	largura (mm)	velocidade carga (mm/min)	Carga Ruptura P (N)	Módulo de Ruptura (MOR) (MPa)
CP 1	250,00	12,68	50,13	7	508,53	23,66
CP 2	250,00	12,89	50,20	7	514,15	23,12
CP 3	250,00	12,75	50,20	7	481,80	22,14
CP 4	250,00	12,68	50,18	7	473,36	22,00
CP 5	250,00	12,72	50,43	7	483,91	22,24
Número CPs	5	5	5	5	5	5
Média	250,0	12,74	50,23	7,000	492,4	22,63
Desv.Padrão	0,0000	0,08678	0,1165	0,0000	17,89	0,7218
Coef.Var.(%)	0,0000	0,6809	0,2319	0,0000	3,634	3,189
Mínimo	250,0	12,68	50,13	7,000	473,4	22,00
Máximo	250,0	12,89	50,43	7,000	514,2	23,66

Força (N)



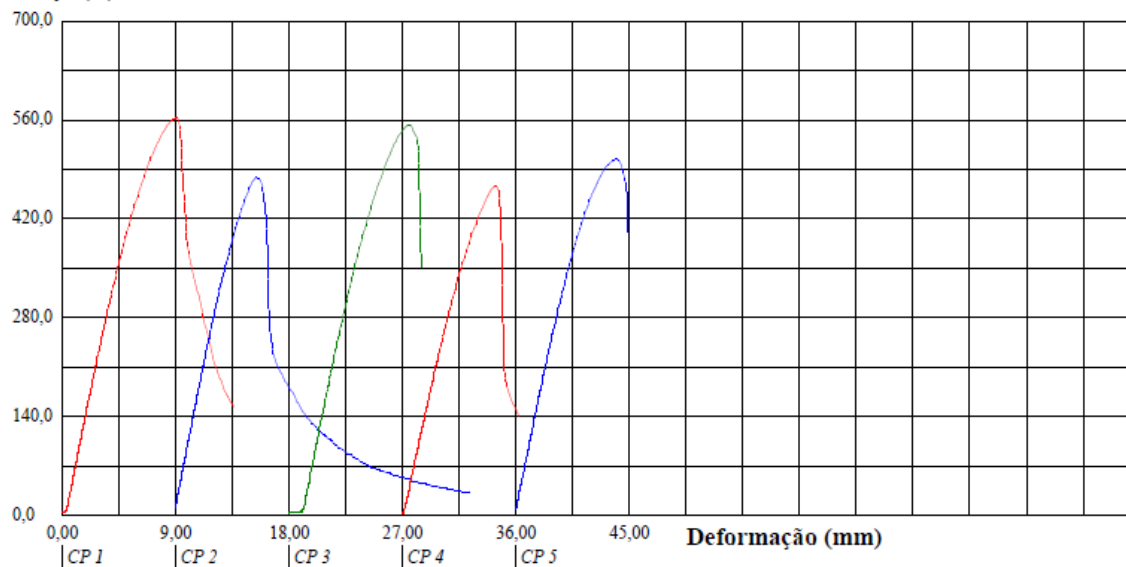
UNESP - Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Engenharia de Bauru - Laboratório de Construção Civil

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL30000N** Célula: **Trd 26** Extensômetro: - Data: **16/07/2015** Hora: **08:19:06** Trabalho n° **2463**
Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Chapa Aglomerado Flexão estática A MOR NBR14810**
Ident. Amostra: >>>> Material: **Bambu e Arroz** Traço: **90% Bambu e 10% Arroz** Projeto Pesquisa: **Mestrado Andréia**

Corpo de Prova	dist apoios (mm)	espessura (mm)	largura (mm)	velocidade carga (mm/min)	Carga Ruptura P (N)	Módulo de Ruptura (MOR) (MPa)
CP 1	250,00	12,85	50,33	7	563,39	25,42
CP 2	250,00	12,93	50,18	7	478,99	21,41
CP 3	250,00	13,00	50,32	7	553,54	24,41
CP 4	250,00	12,76	50,33	7	467,03	21,37
CP 5	250,00	12,83	50,25	7	505,01	22,90
Número CPs	5	5	5	5	5	5
Média	250,0	12,87	50,28	7,000	513,6	23,10
Desv. Padrão	0,0000	0,09290	0,06611	0,0000	43,34	1,802
Coef. Var. (%)	0,0000	0,7216	0,1315	0,0000	8,440	7,800
Mínimo	250,0	12,76	50,18	7,000	467,0	21,37
Máximo	250,0	13,00	50,33	7,000	563,4	25,42

Força (N)



APÊNDICE G – Dados de Tração Perpendicular e Relatório de Ensaio EMIC

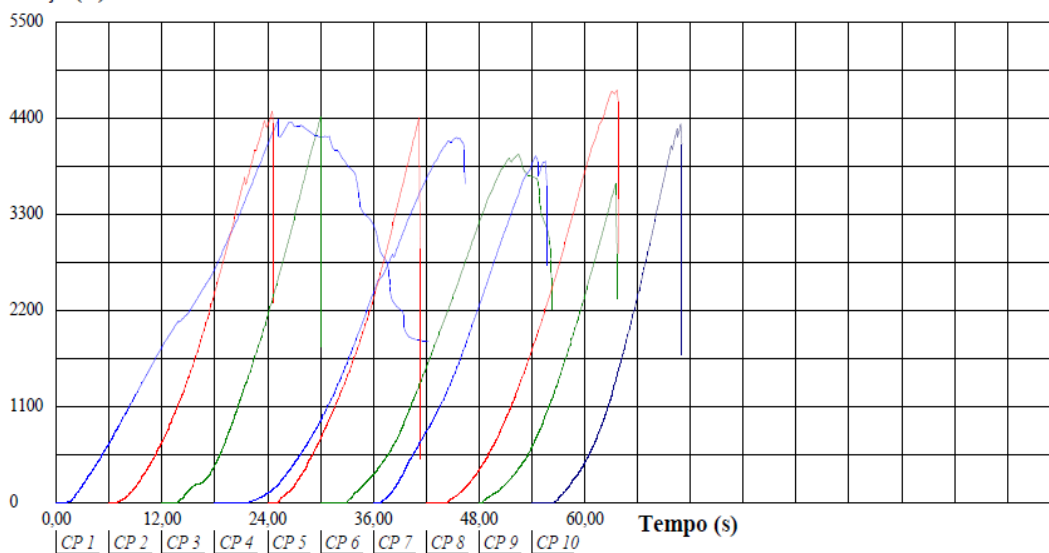
UNESP - Universidade Estadual Paulista Faculdade de Engenharia de Bauru - Laboratório de Construção Civil

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL30000N** Célula: **Trd 26** Extensômetro: - Data: **08/09/2015** Hora: **09:42:56** Trabalho n° **2585**
 Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Chapa Aglomerado Tração Perpendicular NBR14810-3**
 Ident. Amostra: > Material: **Chapa Fibra de Bambú e Arroz** Traço: **70% Bambu e 30% Arroz** Proj. Pesquisa: **Andréia /Ivaldo**

Corpo de Prova	L (mm)	C (mm)	S (mm ²)	P (N)	TP (MPa)
CP 1	50,19	50,51	2535,10	4379,06	1,73
CP 2	50,28	50,52	2540,15	4483,76	1,77
CP 3	50,66	50,22	2544,15	4417,71	1,74
CP 4	50,34	50,11	2522,54	4187,23	1,66
CP 5	50,52	50,43	2547,72	4409,27	1,73
CP 6	50,40	50,30	2535,12	3989,78	1,57
CP 7	50,18	50,22	2520,04	3970,81	1,58
CP 8	50,43	50,34	2538,65	4725,48	1,86
CP 9	50,18	50,20	2519,04	3653,20	1,45
CP 10	50,26	50,21	2523,55	4338,30	1,72
Número CPs	10	10	10	10	10
Média	50,34	50,31	2533	4255	1,680
Desv. Padrão	0,1599	0,1405	10,50	309,9	0,1179
Coef. Var. (%)	0,3176	0,2793	0,4147	7,282	7,016
Mínimo	50,18	50,11	2519	3653	1,450
Máximo	50,66	50,52	2548	4725	1,861

Força (N)



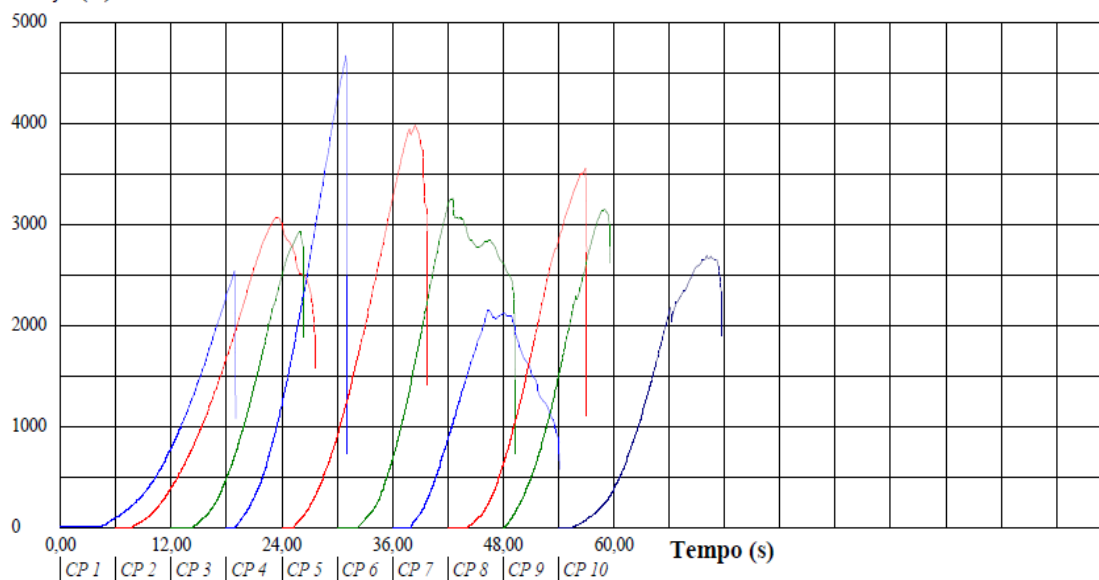
UNESP - Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Engenharia de Bauru - Laboratório de Construção Civil

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL30000N** Célula: **Trd 26** Extensômetro: - Data: **20/08/2015** Hora: **14:30:36** Trabalho n° **2551**
Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Chapa Aglomerado Tração Perpendicular NBR14810-3**
Ident. Amostra: >> Material: **Chapa Bambu e Arroz** Traço: **90% Bambu 10% Arroz** Proj. Pesquisa: **Mestrado Andreia**

Corpo de Prova	L (mm)	C (mm)	S (mm ²)	P (N)	TP (MPa)
CP 1	50,41	50,31	2536,13	2542,27	1,00
CP 2	50,20	50,14	2517,03	3077,71	1,22
CP 3	50,10	50,12	2511,01	2932,96	1,17
CP 4	50,32	50,33	2532,61	4673,48	1,85
CP 5	50,56	50,63	2559,85	3990,48	1,56
CP 6	50,59	50,56	2557,83	3260,40	1,27
CP 7	50,32	50,30	2531,10	2152,99	0,85
CP 8	50,62	50,57	2559,85	3562,55	1,39
CP 9	50,34	50,29	2531,60	3154,30	1,25
CP 10	50,53	50,60	2556,82	2698,26	1,06
Número CPs	10	10	10	10	10
Média	50,40	50,39	2539	3205	1,262
Desv. Padrão	0,1743	0,1904	18,17	730,3	0,2858
Coef. Var. (%)	0,3459	0,3779	0,7157	22,79	22,66
Mínimo	50,10	50,12	2511	2153	0,8506
Máximo	50,62	50,63	2560	4673	1,845

Força (N)



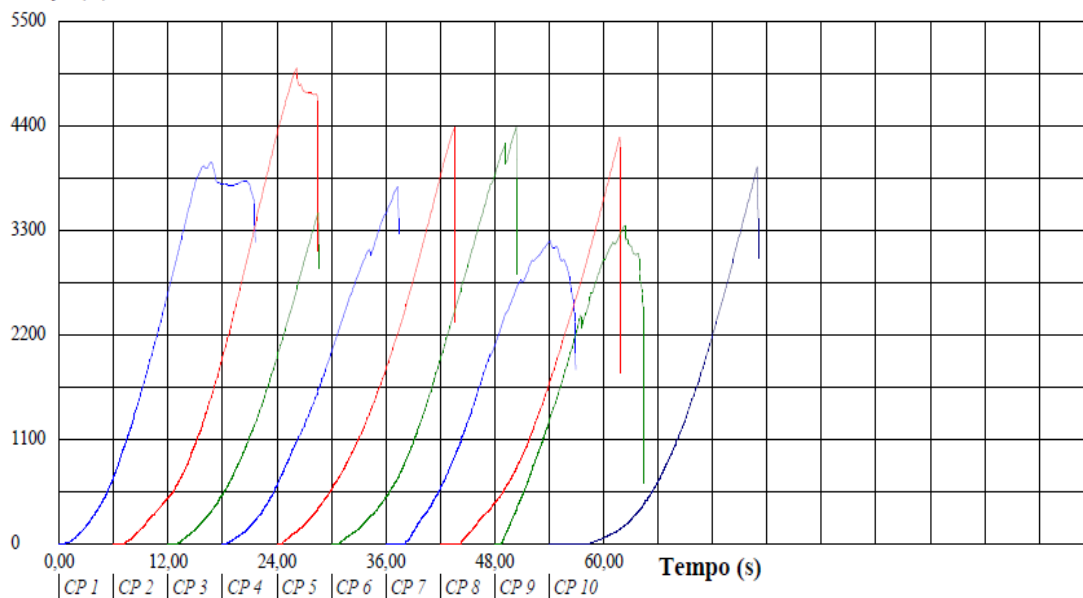
UNESP - Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Engenharia de Bauru - Laboratório de Construção Civil

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL30000N** Célula: **Trd 26** Extensômetro: - Data: **08/09/2015** Hora: **09:15:06** Trabalho n° **2584**
Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Chapa Aglomerado Tração Perpendicular NBR14810-3**
Ident. Amostra: >>>>>>> Material: **Chapa Fibra de Bambu e Arroz** Traço: **80 - 20%** Proj. Pesquisa: **Andréia/ Ivaldo**

Corpo de Prova	L (mm)	C (mm)	S (mm ²)	P (N)	TP (MPa)
CP 1	50,17	50,46	2531,58	4019,99	1,59
CP 2	50,26	49,97	2511,49	5011,46	2,00
CP 3	50,11	50,63	2537,07	3483,85	1,37
CP 4	50,72	50,45	2558,82	3762,11	1,47
CP 5	50,48	50,23	2535,61	4383,27	1,73
CP 6	50,52	50,26	2539,14	4386,79	1,73
CP 7	50,24	50,56	2540,13	3191,54	1,26
CP 8	50,44	50,35	2539,65	4289,12	1,69
CP 9	50,39	50,43	2541,17	3351,75	1,32
CP 10	50,19	50,23	2521,04	3971,51	1,58
Número CPs	10	10	10	10	10
Média	50,35	50,36	2536	3985	1,572
Desv. Padrão	0,1910	0,1920	12,61	557,7	0,2250
Coef. Var. (%)	0,3792	0,3813	0,4973	13,99	14,31
Mínimo	50,11	49,97	2511	3192	1,256
Máximo	50,72	50,63	2559	5011	1,995

Força (N)



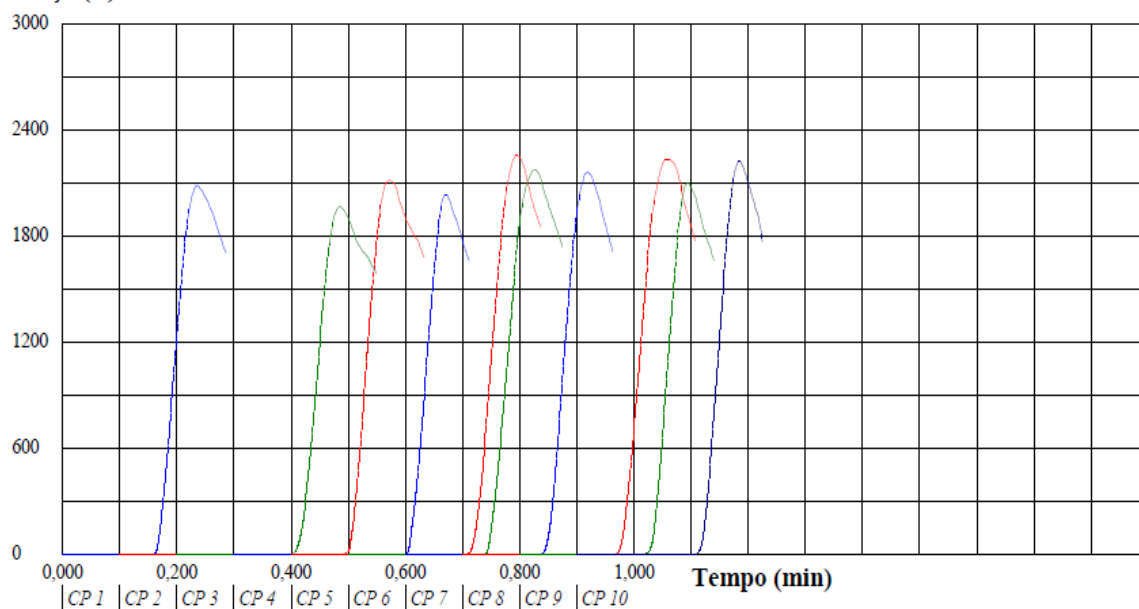
UNESP - Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Engenharia de Bauru - Laboratório de Construção Civil

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL30000N** Célula: **Trd 26** Extensômetro: - Data: **22/12/2015** Hora: **11:13:21** Trabalho n° **2733**
Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Chapa Aglom Arranc Parafuso Ivaldo**
Ident. Amostra: >> Material: **Bambu-Arroz 70-30%** Ensaio: **Arranc parafuso - superfície** Interessado: **Ivaldo - Andreia**

Corpo de Prova	Força Máxima (N)
CP 1	2089,27
CP 2	2119,04
CP 3	1970,20
CP 4	2038,05
CP 5	2256,80
CP 6	2176,50
CP 7	2164,04
CP 8	2238,81
CP 9	2101,74
CP 10	2227,73
Número CPs	10
Média	2138
Desv.Padrão	92,31
Coef.Var.(%)	4,317
Mínimo	1970
Máximo	2257

Força (N)



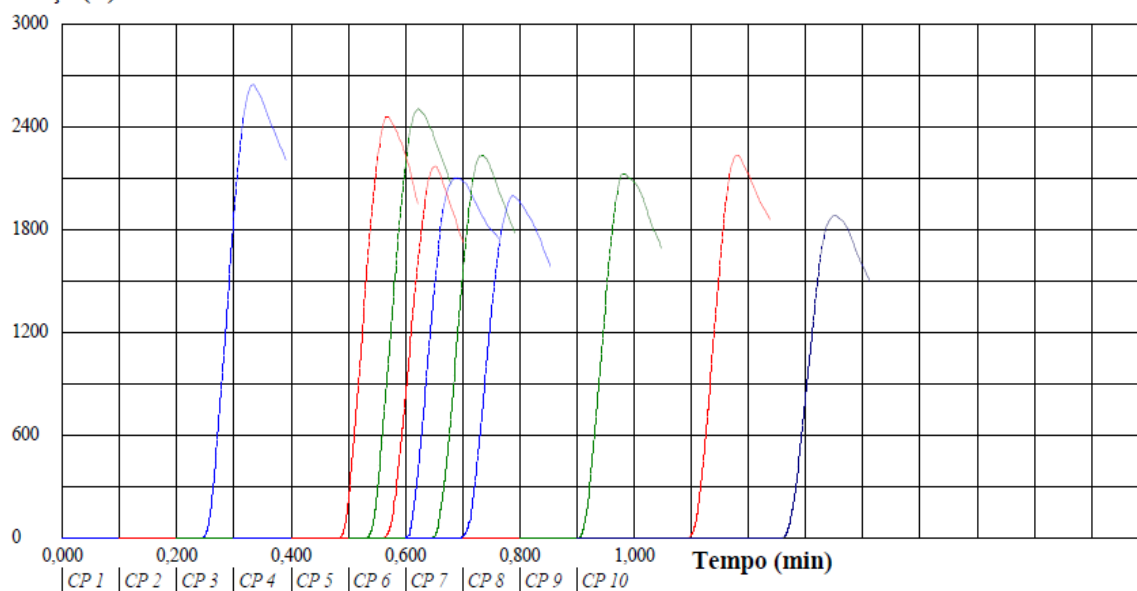
UNESP - Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Engenharia de Bauru - Laboratório de Construção Civil

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL30000N** Célula: **Trd 26** Extensômetro: - Data: **22/12/2015** Hora: **11:02:27** Trabalho nº **2731**
Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Chapa Aglom Arranc Parafuso Ivaldo**
Ident. Amostra: >> Material: **Bambu-Arroz 80-20%** Ensaio: **Arranc parafuso - superfície** Interessado: **Ivaldo - Andreia**

Corpo de Prova	Força Máxima (N)
CP 1	2648,63
CP 2	2461,02
CP 3	2509,48
CP 4	2107,97
CP 5	2173,04
CP 6	2233,27
CP 7	2001,36
CP 8	2236,04
CP 9	2131,50
CP 10	1887,82
Número CPs	10
Média	2239
Desv. Padrão	236,4
Coef. Var. (%)	10,56
Mínimo	1888
Máximo	2649

Força (N)



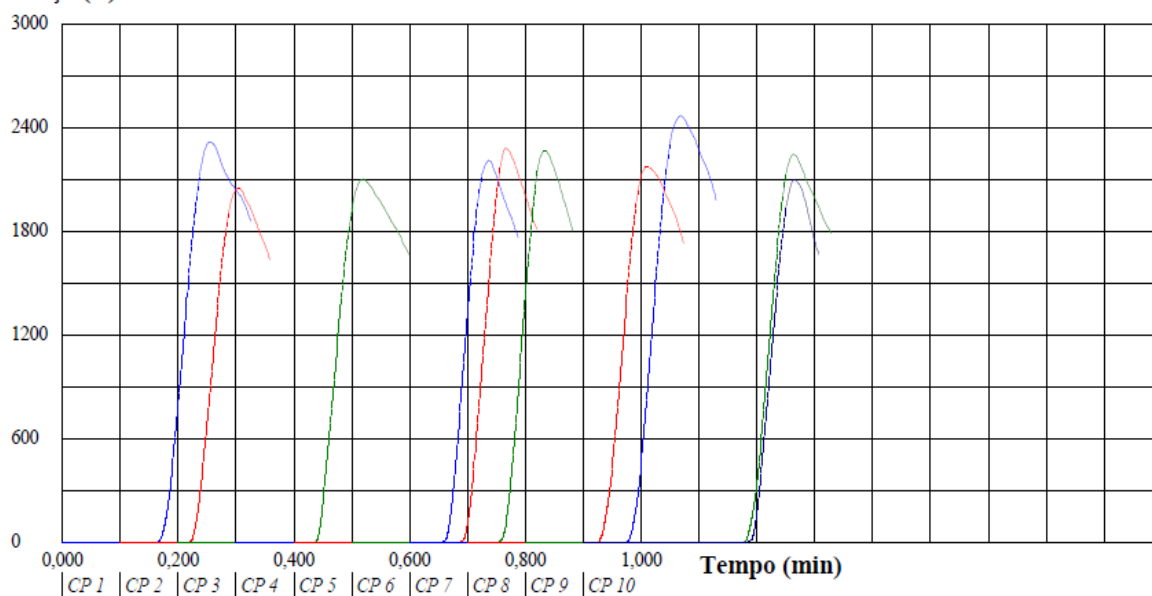
UNESP - Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Engenharia de Bauru - Laboratório de Construção Civil

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL30000N** Célula: **Trd 26** Extensômetro: - Data: **22/12/2015** Hora: **10:54:52** Trabalho n° **2730**
Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Chapa Aglom Arranc Parafuso Ivaldo**
Ident. Amostra: >> Material: **Bambu-Arroz 90-10%** Ensaio: **Arranc parafuso - superfície** Interessado: **Ivaldo - Andreia**

Corpo de Prova	Força Máxima (N)
CP 1	2321,19
CP 2	2053,97
CP 3	2105,89
CP 4	2214,58
CP 5	2285,19
CP 6	2269,96
CP 7	2472,10
CP 8	2175,81
CP 9	2248,50
CP 10	2103,81
Número CPs	10
Média	2225
Desv. Padrão	123,5
Coef. Var. (%)	5,548
Mínimo	2054
Máximo	2472

Força (N)



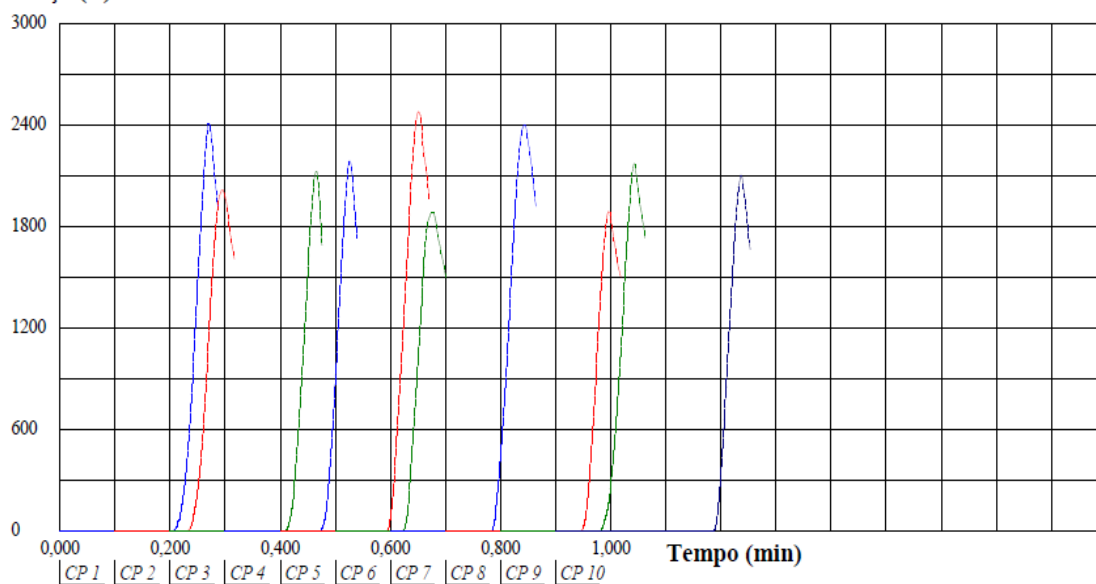
UNESP - Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Engenharia de Bauru - Laboratório de Construção Civil

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL30000N** Célula: **Trd 26** Extensômetro: - Data: **22/12/2015** Hora: **11:59:07** Trabalho n° **2739**
Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Chapa Aglom Arranc Parafuso Ivaldo**
Ident. Amostra: >>>> Material: **Bambu-Arroz 70-30%** Ensaio: **Arranc parafuso - TOPO** Interessado: **Ivaldo - Andreia**

Corpo de Prova	Força Máxima (N)
CP 1	2410,49
CP 2	2018,66
CP 3	2130,12
CP 4	2191,73
CP 5	2480,41
CP 6	1887,13
CP 7	2405,64
CP 8	1890,59
CP 9	2172,35
CP 10	2105,20
Número CPs	10
Média	2169
Desv.Padrão	210,0
Coef.Var.(%)	9,682
Mínimo	1887
Máximo	2480

Força (N)



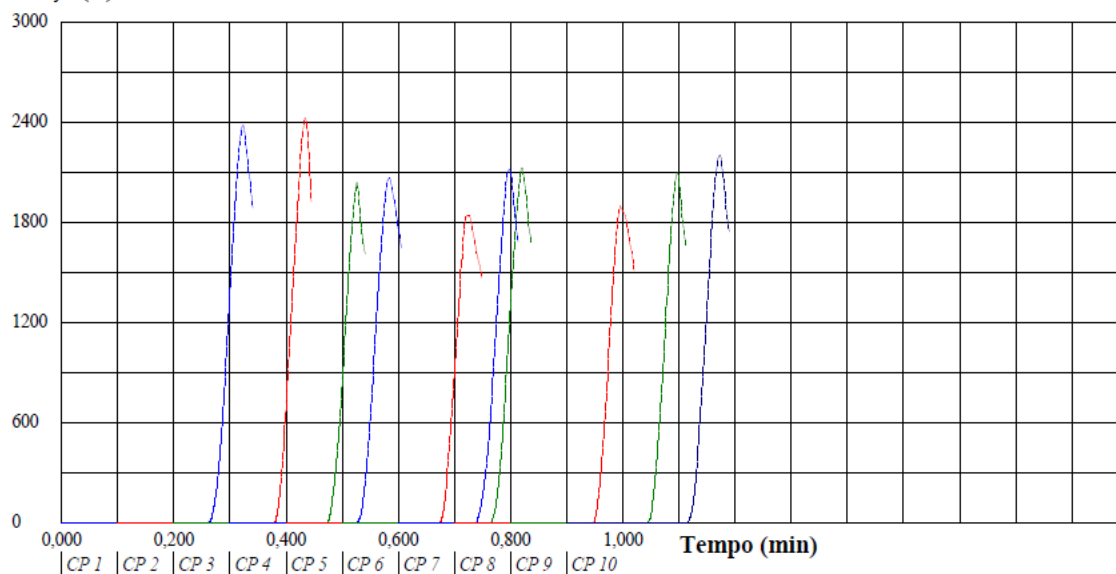
UNESP - Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Engenharia de Bauru - Laboratório de Construção Civil

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL30000N** Célula: **Trd 26** Extensômetro: - Data: **22/12/2015** Hora: **11:52:13** Trabalho nº **2738**
Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Chapa Aglom Arranc Parafuso Ivaldo**
Ident. Amostra: >>>>> Material: **Bambu-Arroz 80-20%** Ensaio: **Arranc parafuso - TOPO** Interessado: **Ivaldo - Andreia**

Corpo de Prova	Força Máxima (N)
CP 1	2384,18
CP 2	2431,26
CP 3	2041,51
CP 4	2067,81
CP 5	1846,98
CP 6	2129,43
CP 7	2121,12
CP 8	1900,98
CP 9	2099,66
CP 10	2204,19
Número CPs	10
Média	2123
Desv. Padrão	184,3
Coef. Var. (%)	8,681
Mínimo	1847
Máximo	2431

Força (N)



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

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL30000N** Célula: **Trd 26** Extensômetro: - Data: **22/12/2015** Hora: **11:45:45** Trabalho n° **2737**
 Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Chapa Aglom Arranc Parafuso Ivaldo**
 Ident. Amostra: >>>>> Material: **Bambu-Arroz 90-10%** Ensaio: **Arranc parafuso - TOPO** Interessado: **Ivaldo - Andreia**

Corpo de Prova	Força Máxima (N)
CP 1	2259,57
CP 2	2371,03
CP 3	2309,42
CP 4	2669,40
CP 5	2400,10
CP 6	2318,42
CP 7	2281,73
CP 8	2351,65
CP 9	2218,04
CP 10	2196,58

Número CPs	10
Média	2338
Desv. Padrão	133,3
Coef. Var. (%)	5,701
Mínimo	2197
Máximo	2669

Força (N)

