

unesp



Universidade Estadual Paulista

“Júlio de Mesquita Filho”



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

MARCUS ANTONIO PEREIRA BUENO

**PAINÉIS DE *MEDIUM DENSITY FIBERBOARD*
FABRICADOS COM BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR E
MADEIRA DE REFLORESTAMENTO**

Bauru, SP

Dezembro - 2014

MARCUS ANTONIO PEREIRA BUENO

**PAINÉIS DE *MEDIUM DENSITY FIBERBOARD*
FABRICADOS COM BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR E
MADEIRA DE REFLORESTAMENTO**

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia de Bauru, programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica área de 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
Dezembro - 2014

Bueno, M. A. P.

Painéis de *medium density fiberboard* fabricados com bagaço de cana-de-açúcar e madeira de Reflorestamento / Marcus Antonio Pereira Bueno, 2014 176f.

Orientador: Dr. Ivaldo De Domenico Valarelli

Dissertação (Mestrado)- Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia, Bauru, 2014

1. Painéis de fibras. 2. Resíduos agroindustriais. 3. Resistência física. 4. Resistência mecânica. 5. MDF I. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia. II Título

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE Mestrado DE MARCUS ANTONIO PEREIRA BUENO, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA, DO(A) FACULDADE DE ENGENHARIA DE BAURU.

Aos 16 dias do mês de dezembro do ano de 2014, às 09:30 horas, no(a) Anfiteatro do S.T.I., da Faculdade de Engenharia de Bauru, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Prof. Dr. IVALDO DE DOMENICO VALARELLI do(a) Departamento de Engenharia Mecânica / Faculdade de Engenharia de Bauru, Profa. Dra. ROSANE APARECIDA GOMES BATTISTELLE do(a) Departamento de Engenharia Civil e Ambiental/ Faculdade de Engenharia de Bauru, Profa. Dra. MARIA FÁTIMA DO NASCIMENTO do(a) Departamento de Engenharias de Estruturas / Escola de Engenharia de São Carlos-Usp, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da DISSERTAÇÃO DE Mestrado de MARCUS ANTONIO PEREIRA BUENO, intitulado "PAINÉIS DE MEDIUM DENSITY FIBERBOARD FABRICADO COM BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR E MADEIRA DE REFLORESTAMENTO". Após a exposição, o discente foi arguido oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo recebido o conceito final: APROVADO. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que, após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.


Prof. Dr. IVALDO DE DOMENICO VALARELLI


Profa. Dra. ROSANE APARECIDA GOMES BATTISTELLE


Profa. Dra. MARIA FÁTIMA DO NASCIMENTO

Dedico este trabalho ao meu pai, João Alvaro e minha mãe, Sandra, minha noiva, Aline e familiares e amigos, que durante esta dura jornada me incentivaram até sua conclusão. Que o conhecimento adquirido neste trabalho seja passado adiante e ajude a elucidar o trabalho de quem pesquisar painéis de MDF.

Primeiramente agradeço a Deus, pois acredito que foi ele quem me deu vontade, paciência e sabedoria para chegar ao fim desta dissertação, agradeço aos meus pais e minha noiva que sempre me apoiaram em meu estudo, agradeço ao meu orientador, 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 meu amigo Valter Roberto de Brito Celestino por estar sempre presente e ter me apoiado nas horas de real necessidade e ao Aluno de Iniciação Científica Gabriel Alves Galdino que me ajudou muito na parte de fabricação dos painéis no laboratório e também agradeço a todos os amigos e amigas que diretamente ou indiretamente me ajudaram neste trabalho.

Agradeço profundamente a ajuda do Prof. Dr. Alan Sulato de Andrade, a Técnica de Laboratório Eliane Lopes Da Silva e também ao aluno de Iniciação Científica Giovane Luis Franceschini por terem me acolhido e aberto às portas do laboratório de Polpa e Papel da Faculdade de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná, UFPR. Foi de fato graças a este gesto de cooperação em prol a pesquisa que foi possível desfibrar o bagaço de cana-de-açúcar para desenvolver este trabalho.

Agradeço a Duratex S.A. por ter doado as fibras de Eucalipto, a resina Uréia-Formaldeído e a Emulsão de Parafina para a realização da pesquisa e a Usina de Açúcar e Álcool São Manuel pela doação do bagaço da cana-de-açúcar.

Agradeço também ao Prof. Dr. Obede Borges Faria e ao Técnico de laboratório Israel Luiz Pereira Dos Santos do Laboratório de Construção, Sala de Ensaios Destrutivos do Departamento de Engenharia Civil da Unesp-Bauru que me concedeu o uso de seu equipamento para análise mecânica do material desenvolvido em pesquisa, assim também como agradeço a Prof. Dra. Cristiane Inácio de Campos, a Prof. Dra. Elen Aparecida Martines Morales e ao Técnico de Laboratório Tiago Matos Andres do Laboratório de Propriedades dos Materiais da Faculdade de Engenharia Madeireira da

Unesp-Itapeva por ter concedido o uso de seu equipamento para análise mecânica do material desenvolvido.

Agradeço também ao Técnico de Laboratório Hamilton José de Mello, do Laboratório de Materiais do Departamento de Engenharia Mecânica da Unesp-Bauru por ter cedido o estereoscópio para análise de material e a Técnica Thais Peres Zanetine Marques do Laboratório de Anelasticidade e Biomateriais do Departamento de Física da Unesp-Bauru por ter concedido gratuitamente o uso do Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) para análise de material.

Quero também agradecer a Prof. Dra. Rosane Aparecida Gomes Battistelle e a Prof. Dra. Barbara Stolte Bezerra do Departamento de Engenharia Civil da Unesp-Bauru pelas valiosas dicas na elaboração da escrita desta dissertação. Agradeço a CAPES que me concedeu uma bolsa de estudo, que foi fundamental para a realização desta pesquisa, a todos mais uma vez meus sinceros agradecimentos, Marcus.

RESUMO

PAINÉIS DE *MEDIUM DENSITY FIBERBOARD* FABRICADO COM BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR E MADEIRA DE REFLORESTAMENTO

O objetivo deste trabalho foi analisar as potencialidades da utilização do bagaço de cana-de-açúcar (SC) aplicado aos painéis de MDF (Medium Density Fiberboard), juntamente com fibras de madeira de reflorestamento (WR) da espécie eucalipto, na indústria moveleira e de construção civil. Neste estudo, foram produzidos painéis de MDF em quatro traços: 100% WR (T2), 33%SC+67%WR (T3), 67%SC+33%WR (T4) e 100% SC (T5). Também foram analisadas as propriedades físicas e mecânicas, segundo a norma brasileira NBR 15316-3 (2009). A densidade alvo dos painéis foi de 700 kg/m³, definida como painel de média densidade. Também foi realizado o ensaio por microscopia eletrônica de varredura, (MEV) para se obter e constatar o perfil do topo ou face do painel (parte que fica em contato com os pratos da prensa), e da parte usinada ou parte interna do painel. O adesivo utilizado foi a uréia-formaldeído, na proporção de 10% da massa total do painel. Os resultados analisados indicaram que o traço com 100% SC (T5) apresentou o melhor desempenho entre os traços, atingindo em alguns casos os valores recomendados pela NBR 15316-2 (2009). Pelos resultados averiguados o bagaço de cana-de-açúcar apresentou bom potencial para a fabricação de painéis MDF, devendo ser estudado com maior aprimoramento.

PALAVRAS-CHAVE: Painéis de fibras, resíduos agroindustriais, resistência física, resistência mecânica, MDF

ABSTRACT

MEDIUM DENSITY FIBERBOARD MANUFACTURED WITH SUGARCANE BAGASSE AND WOOD OF REFORESTATION

The objective of this study was to analyze the potentialities of using sugarcane bagasse (SC) applied to MDF panels (Medium Density Fiberboard), along with reforestation wood fibers (WR) of eucalyptus species, in the industry of furniture and construction. In this study, it was produced panels of MDF in four traces: 100% WR (T2), 33% SC+ 67% WR (T3), 67% SC + 33% WR (T4) and 100% SC (T5). Also it was analyzed its physical and mechanical properties, according to the Brazilian standard NBR 15316-3 (2009). The target density of the panels was 700 kg/m³, defined as medium density fiberboard. In addition it was carried out surface analysis of the top and the internal part of the panel through Scanning Electron Microscopy (SEM). The panels were bonded with urea-formaldehyde, in the proportion of 10% by mass of the panel. The results indicated that the trace with 100% SC (T5) showed the best performance among the traces, reaching, in some cases, the values recommended by NBR 15316-2 (2009). This results shows the possibility of using sugarcane bagasse for the production of MDF panels, however it is recommended more studies to improve its physical and mechanical characteristics.

Keywords: Fiber panels, agro-industrial residues, physical resistance, resistance mechanics, MDF

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRAF	Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas
ABIPA	Associação Brasileira da Indústria de Painéis de Madeira
BRACELPA	Associação Brasileira de Celulose e Papel
CTC	Centro de Tecnologia Canavieira
CP	Corpo de prova
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
FF	Fenol-Formaldeído
HDF	High Density Fiberboard
MF	Melamina-Formaldeído
MDF	Medium Density Fiberboard
MDP	Medium Density Particleboard
MEV	Microscopia Eletrônica de Varredura
MOE	Módulo de Elasticidade
MOR	Módulo de Ruptura
PVD	Physical Vapor Depositio
UF	Uréia-Formaldeído
UFPR	Universidade Federal do Paraná
UNESP	Universidade do Estado de São Paulo
UDOP	União dos Produtores de Bioenergia

LISTA DE SÍMBOLOS

Atm	Pressão atmosférica
bar	Pressão
cm	Centímetro
°C	Grau Célsius
Cp	Viscosidade
D	Densidade
g	Gramas
ha	Hectare
h	Hora
KN	Quilo Newton
Kv	Quilo Volts
Kg	Quilograma
Kgf/cm ²	Quilograma força por centímetro quadrado
Kg/m ³	Quilograma por metro cúbico
L	Litros
m	Metro
MPa	Megapascal
mm	Milímetro
mm ³	Milímetro Cúbico
N	Newton
N/mm ²	Newton por milímetro quadrado
pH	Potencial de Hidrogênio Iônico
%	Porcentagem

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Distribuição das usinas de açúcar e bio-etanol no Brasil (NOVA CANA.COM, 2013)	5
Figura 2. mapa da produção de cana-de-açúcar no Brasil (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE, 2009)	6
Figura 3. Distribuição do plantio de eucalipto no Brasil (ABRAF, 2013)	9
Figura 4. Concentração das empresas de madeira no Brasil (ABRAF, 2013)	10
Figura 5. Distribuição proporcional de produtos a base de madeira e seus destinos (ABRAF, 2013)	10
Figura 6. Localização das fabricas de painéis de painéis reconstituídos (ABIPA, 2013)	11
Figura 7. Etapas do processo de fabricação do MDF (GARCIA-ESTEBAN et al, 2002).....	14
Figura 8. Diferença entre partículas e fibra, 60 mesh (A), 35 mesh (B), 20 mesh (C), 9 mesh (D), fibra de cana-de-açúcar (E) e fibra de eucalipto (F)	16
Figura 9. Consumo per/capita MDF (ABIPA, 2013).....	18
Figura 10. Histórico de produção e o consumo de painéis no Brasil (ABRAF, 2013)	19
Figura 11. Esquema de produção resinas uréicas e fenólicas (ALMEIDA, 2006).....	23
Figura 12. Representação formula química da uréia e do formaldeído (ALMEIDA, 2006)....	26
Figura 13. Parte fibrosa da cana-de-açúcar	32
Figura 14. Parte descartada da cana-de-açúcar	32
Figura 15. Massa úmida de bagaço (A); Teste umidade bagaço (B) e 39,6 Litros de água mais massa úmida de bagaço (C).....	33
Figura 16. Discos do desfibrador (A) e reservatório desfibrador (B).....	33
Figura 17. Fluxo do desfibrador (A) e a abertura do reservatório do desfibrador (B).....	34
Figura 18. Massa úmida de bagaço (A), equipamento de centrifugação do bagaço (B).....	34
Figura 19. Massa seca de fibras de bagaço (A), Fibras marteladas (B) e o Moinho de martelo (C)	35
Figura 20. Fibras de eucalipto.....	35
Figura 21. Balança programada e tarada.....	36
Figura 22. Painéis MDF da fase de teste preliminar.....	39

Figura 23. Caixa formadora 38x32x1,27cm e caixa formadora teste (A) e quadro metálico (B).....	41
Figura 24. Prensa manual de alavanca.....	42
Figura 25. Adesivo no pulverizador (A), Massa de fibras (B) e massa de fibras distribuída sobre a mesa (C).....	42
Figura 26. Processo de pulverização do adesivo em forma de névoa sobre as fibras.....	43
Figura 27. Tambor e sistema mecânico de mistura, composto de furadeira industrial e batedor de massa leve.....	43
Figura 28. Caixa formadora montada (A) e a caixa formadora com bolo de fibras (B)	44
Figura 29. Conformação do bolo de fibras (A), bolo de fibras de fibras de eucalipto (B) e o bolo de fibras de cana-de-açúcar (C).....	44
Figura 30. Bolo de fibras sendo prensado (A) e o painel pronto (B).....	45
Figura 31. Todos os 16 painéis fabricados.....	45
Figura 32. Plano de corte utilizado.....	46
Figura 33. Deposição de ouro por PVD (A) e MEV (B).....	51
Figura 34. Fibras de cana-de-açúcar	52
Figura 35. Fibras de eucalipto.....	53
Figura 36. Fibras de eucalipto e cana-de-açúcar	53
Figura 37. Distribuição granulométrica das fibras de cana-de-açúcar	54
Figura 38. Distribuição granulométrica das fibras de eucalipto	54
Figura 39. Resultados das médias da densidade.....	56
Figura 40. Resultados inchamento espessura 2h	57
Figura 41. Resultados inchamento espessura 24h	59
Figura 42. Resultados absorção de água 2h.....	60
Figura 43. Resultados absorção de água 24h.....	61
Figura 44. Resultados teor de umidade	62
Figura 45. Resultado do módulo de elasticidade.....	63
Figura 46. Resultado do módulo de ruptura	64
Figura 47. Resultado tração perpendicular	65
Figura 48. Traço T1 microscopia topo.....	68

Figura 49. Traço T2 microscopia topo.....	69
Figura 50. Traço T3 microscopia topo.....	69
Figura 51. Traço T4 microscopia topo.....	70
Figura 52. Traço T5 microscopia topo.....	70
Figura 53. Traço T1 microscopia parte usinada	72
Figura 54. Traço T2 microscopia parte usinada	72
Figura 55. Traço T3 microscopia parte usinada	73
Figura 56. Traço T4 microscopia parte usinada	73
Figura 57. Traço T5 microscopia parte usinada	74

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Comportamento do MDF perante outros painéis	17
Tabela 2. Relação peso e teor de umidade.....	31
Tabela 3. Composição dos painéis fabricados em laboratório com a quantidade de material utilizado	40
Tabela 4. Resultado teste com fibras em peneira vibratória.....	54
Tabela 5. Resultados gerais para os ensaios físicos e mecânicos.....	66

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1. Cálculo do teor de umidade	30
Equação 2. Densidade do CP	47
Equação 3. Volume do CP	47
Equação 4. Absorção de Água	47
Equação 5. Inchamento em Espessura	48
Equação 6. Teor de Umidade	48
Equação 7. Módulo de Ruptura (MOR)	49
Equação 8. Módulo de Elasticidade (MOE)	49
Equação 9. Resistência a tração Perpendicular	50

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1. CANA DE AÇÚCAR.....	4
2.2. EUCALIPTO	7
2.3. PAINÉIS RECONSTITUÍDOS PARTICULADOS E DE FIBRAS	11
2.4. FATORES QUE AFETAM AS PROPRIEDADES DOS PAINÉIS DE PARTÍCULAS E FIBRA	21
2.5. RESINAS.....	22
2.6. ADITIVOS QUÍMICOS	26
3. OBJETIVO.....	28
3.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	28
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	29
4.1. MATERIAIS UTILIZADOS:	29
4.1.1. Equipamentos utilizados:	29
4.2. METODOLOGIA	30
4.2.1. Resina Ureia Formaldeído (UF) e Emulsão de Parafina	30
4.2.2. Bagaço da cana-de-açúcar.....	30
4.2.3. Preparação do bagaço da cana-de-açúcar	31
4.2.4. Preparação das fibras de bagaço de cana-de-açúcar	32
4.2.5. Fibras de eucalipto.....	35
4.2.6. Comparação das fibras de bagaço de cana-de-açúcar e eucalipto	35
4.2.7. Densidade aparente das fibras	36
4.2.8. Desenvolvimento do painel MDF e testes preliminares	37
4.2.9. Fabricação dos painéis MDF de cana-de-açúcar e eucalipto	40
4.3. ENSAIOS FÍSICOS	47
4.3.1. Determinação da Densidade	47
4.3.2. Determinação da Absorção de Água e do Inchamento em espessura	47
4.3.3. Determinação do Teor de Umidade	48
4.4. ENSAIOS MECÂNICOS.....	49
4.4.1. Determinação da Resistência à Flexão e Módulo de Elasticidade	49
4.4.2. Determinação à Resistência a Tração Perpendicular as faces.....	50
4.5. ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	50
4.6. MICROSCOPIA ELETRÔNICA POR VARREDURA (MEV)	51
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	51
5.1. RESULTADO DA COMPARAÇÃO DAS FIBRAS DE CANA-DE-AÇÚCAR E EUCALIPTO	52
5.2. RESULTADO DO PENEIRAMENTO	53
5.3. DENSIDADE APARENTE DAS FIBRAS	55

5.4. ENSAIO DE DENSIDADE	55
5.5. ENSAIO DE INCHAMENTO EM ESPESSURA 2H E 24H.....	57
5.6. ENSAIO DE ABSORÇÃO DE ÁGUA 2H E 24H.....	59
5.7. ENSAIO DE TEOR DE UMIDADE.....	61
5.8. ENSAIO RESISTÊNCIA À FLEXÃO (MÓDULO DE ELASTICIDADE E MÓDULO DE RUPTURA)	62
5.9. ENSAIO DE TRAÇÃO PERPENDICULAR.....	65
5.10. MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV)	67
5.10.1. Microscopia Eletrônica de Varredura, análise da face	67
5.10.2. Microscopia Eletrônica de Varredura, análise na parte usinada	71
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	75
7. SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS	76
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	77
APÊNDICE A – DADOS DENSIDADE	81
APÊNDICE B – DADOS INCHAMENTO EM ESPESSURA 2H	89
APÊNDICE C – DADOS INCHAMENTO EM ESPESSURA 24H.....	97
APÊNDICE D – DADOS ABSORÇÃO DE ÁGUA 2H.....	105
APÊNDICE E – DADOS ABSORÇÃO DE ÁGUA 24H.....	113
APÊNDICE F – DADOS TEOR DE UMIDADE	121
APÊNDICE F – DADOS DE RESISTÊNCIA À FLEXÃO (MÓDULO DE ELASTICIDADE (MOE), MÓDULO DE RUPTURA (MOR)) E RELATÓRIO DE ENSAIO EMIC	129
APÊNDICE G – DADOS DE TRAÇÃO PERPENDICULAR E RELATÓRIO DE ENSAIO EMIC	145
APÊNDICE H – DADOS DO DESENVOLVIMENTO DO PAINEL TESTE E PAINEL DA PESQUISA.....	158

1. INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar surgiu na ilha de Nova Guiné, bem no meio do oceano pacífico e se espalhou pelo mundo (NOVA CANA.COM, 2014), e é uma planta que pertence ao gênero *Saccharum L.*. Ela pertence à família da planta *Poaceae*, representada pelo milho, sorgo, arroz e muitas outras gramas.

No Brasil a cana-de-açúcar chegou por volta de 1520 (NOVA CANA.COM, 2014), porém oficialmente a primeira muda foi trazida por Martim Afonso de Souza e sua produção foi iniciada na capitânia de São Vicente-S.P (UNIÃO DOS PRODUTORES DE BIOENERGIA, UDOP, 2012). Nos últimos 500 anos, a produção da cana-de-açúcar foi alterada para larga escala, tornando-se uma das maiores culturas agrícolas do país.

O Brasil hoje é o maior produtor mundial de açúcar de cana de açúcar (NOVA CANA.COM, 2014). A área cultivada com cana-de-açúcar que será colhida e destinada à atividade sucroalcooleira na safra 2013/14 está estimada em 8.799.150 mil hectares, distribuídas em todos estados produtores conforme suas características, e sua safra é utilizada na produção de açúcar e álcool.

Pelos estudos da Conab (2013) para a safra 2012/2013 foi previsto que na Região Centro-Sul e região Norte/Nordeste a produção de cana-de-açúcar foi de 652,02 milhões de toneladas. Após o esmagamento de uma tonelada de cana é gerado em torno de 325 kg de bagaço da cana-de-açúcar, ou seja, na safra de 2012/2013 foi gerado em torno de 2 milhões de toneladas de bagaço. Atualmente este bagaço tem diversas aplicações na economia brasileira como na alimentação animal, na construção civil através de fibrocimento, papel, madeira através do desenvolvimento de painéis reconstituídos, etanol de segunda geração e o principal que é geração elétrica através da queima do bagaço

Apesar de o Brasil ser o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, o bagaço da cana é ainda um resíduo de baixa aplicação. Segundo Santana e Teixeira (1993), o bagaço *in natura* é composto aproximadamente por 44,5% de fibras lignocelulósicas, 50% de umidade, 2,5% de sólidos solúveis em água e 3,4% de cinzas.

A madeira assim como a pedra é um dos primeiros e mais antigos materiais utilizados pelo homem, contudo com o crescente consumo de madeira de rápido crescimento, e o expressivo crescimento na demanda de painéis de madeira e a necessidade de novas tecnologias para a utilização de insumos, considerados como resíduo vão constituir o desafio no desenvolvimento de novos produtos, assim tem-se a necessidade e a importância em desenvolver e fabricar painéis de resíduos agroindustriais para se diminuir a demanda por madeira e se aproveitar os recursos já existentes e não utilizados pela indústria. Bonduelle *et al.*(2002) citam que nos Estados Unidos na década de 50, de cada quatro árvores abatidas, o equivalente a menos de uma chegava ao consumidor na forma de utilidade, todo o resto se perdia

sendo a justificativa que a América tinha muitas florestas, porém hoje o aproveitamento é de mais de 90% para cada tora.

Com o passar do tempo novas tecnologias estão sendo desenvolvidas para se aproveitar os resíduos. Estas tecnologias permitem utilizar como matéria prima subprodutos da indústria madeireira como costaneiras, toras de pequeno diâmetro, recortes entre outros pedaços que não seriam utilizados diminuindo a demanda por madeira de boa qualidade (MALONEY, 1993)

O eucalipto é uma árvore de origem Australiana e pertence à família das Mirtáceas onde cobre 90% da área do país, (BERTOLA, 2004) onde forma densos maciços florestais nativos. Seu nome é derivado do grego eu (bem) e Kalipto (cobrir) que no caso faz referência à estrutura globular arredondada de seu fruto, caracterizando o opérculo que protege bem as suas sementes.

Os primeiros eucaliptos chegaram ao Brasil em 1825, no Jardim Botânico do Rio de Janeiro com o intuito de serem plantas ornamentais. Em 1868, a espécie começou a ser plantada para a produção de lenha e formação de barreiras contra o vento, inicialmente no Estado do Rio Grande do Sul. (BRACELPA, 2014)

Em 2012 o plantio de eucalipto totalizou 5.102.030 hectares apresentando um crescimento de 4,5% em relação ao ano de 2011 (ABRAF, 2013). É notado também que a região sul e sudeste do país concentra a maior parte das florestas de eucalipto e isto pode ser justificado, pois estas regiões são concentradoras dos seguimentos das indústrias de papel e celulose, painéis de madeira, madeira processada, siderúrgica e carvão vegetal entre outros tipos de indústria que utilizam madeira como as indústrias de móveis.

A primeira planta de produção de painéis *Medium Density Fiberboard* (MDF) que se tem notícia surgiu em New York, Estados Unidos e foi fundada pelo empresário Harry Raddin que nomeou o produto baseando-se no processo sendo o nome da empresa Miller Hofft Company of Richmond porém apenas no ano de 1967 é que as siglas MDF foram usadas para identificar o novo painel. (MALONEY, 1993).

O painel de MDF é fabricado a partir de fibras de madeira ou de resíduos agroindustriais encoladas com resina, geralmente resina uréia-formaldeído (UF), conformadas em prensa em temperatura elevada, o que forma o painel.

Atualmente o Brasil é um dos países mais avançados do mundo na fabricação do MDF e é também o país com o maior número de fábricas de alta tecnologia. Com investimentos contínuos em tecnologia e automação, as empresas brasileiras construíram versáteis e modernos parques industriais destinados à instalação de novas unidades, à atualização tecnológica das plantas já existentes, à implantação de linhas contínuas de produção e aos novos processos de impressão, de impregnação, de revestimento e de pintura (ABIPA, 2013).

O MDF tornou-se um dos materiais compósitos mais populares nos últimos anos. Isto devido a ele ser um painel uniforme e denso, liso e isento de nós, sendo um excelente substituto para a madeira maciça em muitas aplicações, exceto

quando é requerida a rigidez de madeira sólida, tal como numa prateleira longa. Suas superfícies lisas também fazem do MDF um excelente painel base para acabamentos diversos como folheados, laminados, pintura, papel e até moldagem a quente, (GONÇALVES, 2000).

O processo de fabricação dos painéis de MDF é um dos mais modernos do setor, pois sintetiza o conhecimento acumulado pelas indústrias de madeira reconstituída. A sua produção envolve uma série de etapas monitoradas, refletindo num produto de alta qualidade e desempenho (MARINHO 2012).

Gonçalves (2000) em seu livro *Processamento da madeira* explica que a homogeneidade proporcionada pela distribuição uniforme das fibras possibilita ao MDF acabamento elevado podendo expor a parte interna, diferente do que acontece com painéis de partículas. As chapas de MDF são fabricadas industrialmente com diferentes características, que variam em função de sua utilização final, e como exemplo cita-se, além dos painéis normais, os painéis resistentes ao fogo e os painéis resistentes à água. Sendo um produto sólido e uniforme é possível o uso de técnicas convencionais utilizadas na madeira pura como: encaixar, entalhar, pintar, colar, laquear parafusar, perfurar e moldurar e sua resistência mecânica permite o emprego de peças de tamanho reduzido.

Iwakiri (2005) comenta que o MDF é oferecido ao mercado brasileiro basicamente com três acabamentos: painéis crus, painéis com revestimento laminado de baixa pressão, também chamados de painéis BP e os painéis com revestimento "*finish foil*".

Ha mais de quatro mil anos que o homem recorre à utilização de adesivos, sendo conhecidos diversos indícios do aproveitamento de resinas de algumas árvores, de goma-arábica extraída de essências florestais e até da aplicação do ovo e da borracha com a mesma finalidade. (ALMEIDA, 2006). Para a fabricação de painéis de fibras e de partículas, Iwakiri (2005) comenta que os adesivos se distribuem em dois grupos básicos: adesivos de origem natural e adesivos sintéticos (termoplásticos e termoendurecedores/termofixos).

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. (IWAKIRI, 2005)

Segundo Almeida (2006) as resinas mais frequentemente consumidas na produção de MDF provêm da reação entre a ureia, e o formaldeído e o fenol e o formaldeído, dando origem assim às resinas de ureia-formaldeído (UF) e resinas fenólicas.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesta revisão bibliográfica são abordados os principais itens que foram utilizados neste pesquisa, como a cana-de-açúcar, o eucalipto, painéis de MDF e resinas.

2.1. Cana de açúcar

A cana-de-açúcar surgiu na ilha de Nova Guiné, bem no meio do oceano pacífico e se espalhou pelo mundo (NOVA CANA, 2014), e é uma planta que pertence ao gênero *Saccharum* L.. Ela pertence à família da planta Poaceae, representada pelo milho, sorgo, arroz e muitas outras gramas. Há pelo menos seis espécies do gênero, sendo a cana de açúcar cultivada um híbrido multiespecífico, recebendo a designação *Saccharum spp.* As principais características dessa família são a forma da inflorescência (espiga), o crescimento do caule em colmos, e as folhas com lâminas de sílica em suas bordas e bainha aberta.

No Brasil a cana-de-açúcar chegou por volta de 1520 (NOVA CANA.COM, 2014), porem oficialmente a primeira muda foi trazida por Martim Afonso de Souza e sua produção foi iniciada na capitânia de São Vicente-S.P (UNIÃO DOS PRODUTORES DE BIOENERGIA, UDOP, 2012). Nos últimos 500 anos, a produção da cana-de-açúcar foi alterada para larga escala, tornando-se uma das maiores culturas agrícolas do país.

A produção de cana-de-açúcar cresceu continuamente no Brasil após o estabelecimento do programa Proálcool, em meados de novembro de 1975, passando de uma média de 100 milhões de toneladas por ano para quase 220 milhões de toneladas por ano nas safras de 1986/87, se estabilizando após isto. O cultivo da cana só entrou em crescimento na safra 93/94, pelo aumento da exportação do açúcar e após isto o crescimento da produção tem ocorrido de forma contínua (com exceção do período entre 1998 a 2001, quando houve uma queda gerada pela crise no setor). Com o sucesso dos veículos flex fuel, lançados no mercado nacional em 2003, a produção de cana-de-açúcar voltou a ter um crescimento acelerado, para atender ao aumento da demanda de álcool hidratado, se aproximando de 520 milhões de toneladas em 2007. (NOVA CANA, 2014)

A partir do ano 2000 verifica-se um aumento anual de 35 milhões de toneladas na produção de cana de açúcar (CENTRO DE TECNOLOGIA CANAVIEIRA, 2010).

O Brasil hoje é o maior produtor mundial de açúcar de cana de açúcar (NOVA CANA.COM, 2014). A área cultivada com cana-de-açúcar que será colhida e destinada à atividade sucroalcooleira na safra 2013/14 está estimada em 8.799.150 mil hectares, distribuídas em todos estados produtores conforme suas características. O estado de São Paulo permanece como o maior produtor com

51,31% (4.515.360 hectares) da área plantada, seguido por Minas Gerais com 8,0% (781.920 hectares), Goiás com 9,3% (818.390 hectares), Paraná com 7,04% (620.330 hectares), Mato Grosso do Sul com 7,09% (624.110 hectares), Alagoas com 5,02% (442.590 hectares) e Pernambuco com 3,25% (286.030 hectares). Nos demais estados produtores as áreas são menores, com representações abaixo de 3,0%. (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB, 2013)

No que se refere à safra, segundo a publicação de Nova Cana (2014) o Brasil apresenta dois períodos onde de setembro a março é feita a colheita no Norte-Nordeste, e no período de abril a novembro na região Centro-Sul. Assim, a produção nacional é feita durante todo o ano, porém a produção de etanol na região Norte-Nordeste é de apenas 10% do total nacional, sendo em 2007, coletado 22,5 bilhões de litros. As melhores destilarias produzem aproximadamente 85 litros de etanol anidro por tonelada de cana. As usinas têm produção média de 71 kg de açúcar e 42 litros de etanol para cada tonelada de cana processada. A Figura 1 representa as usinas de açúcar e bio-etanol no Brasil e suas concentrações regionais.



Figura 1. Distribuição das usinas de açúcar e bio-etanol no Brasil (NOVA CANA, 2013)

Observando a figura 1 e a figura 2 nota-se que a região Sudeste do Brasil é responsável pela maior parte de toda a produção nacional, tendo como destaque o estado de São Paulo, que produz próximo de 60% de toda a cana, açúcar e etanol do país. A Figura 2 mostra o mapa da produção de cana-de-açúcar no Brasil

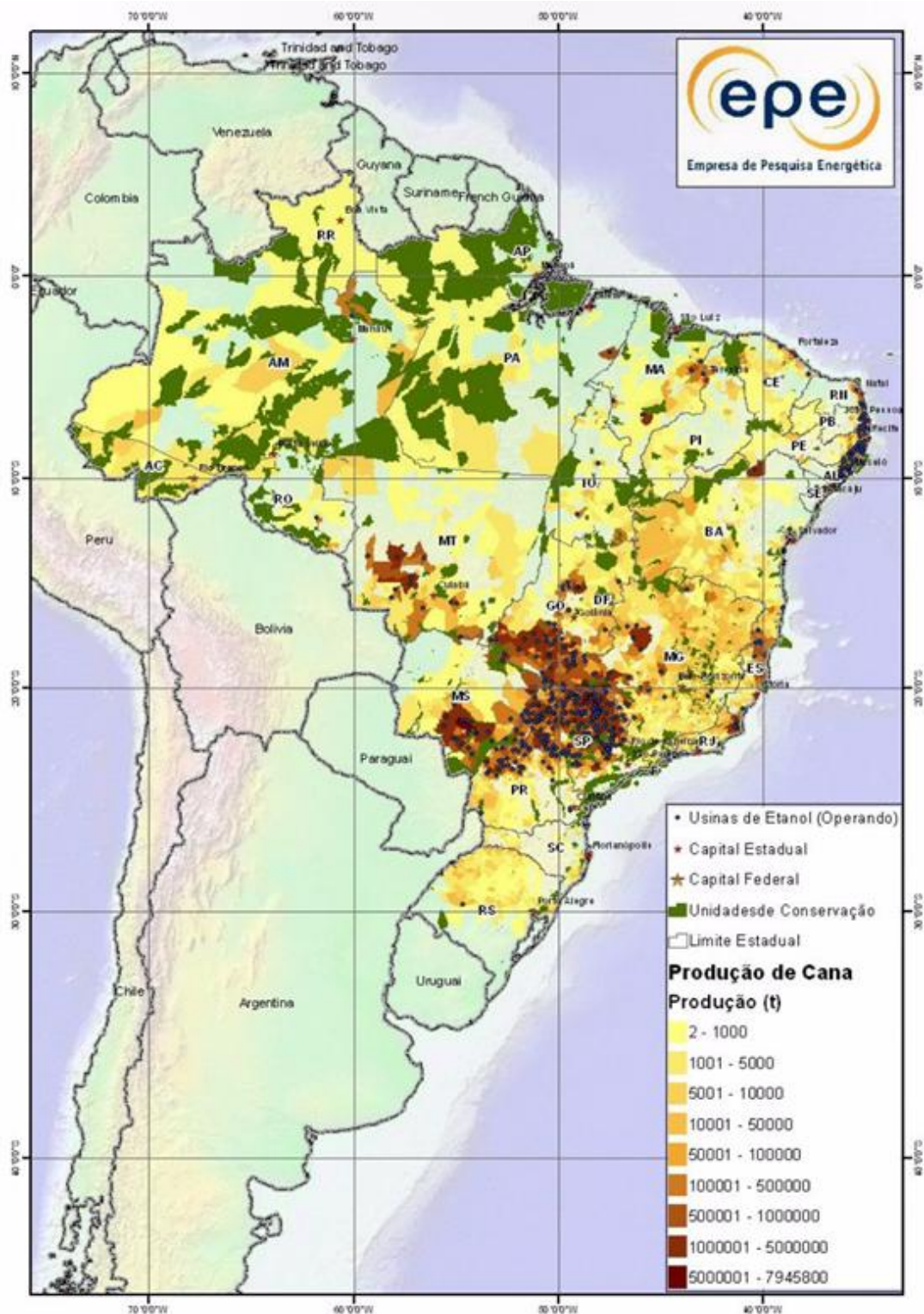


Figura 2. Mapa da produção de cana-de-açúcar no Brasil (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE, 2009)

Pelos estudos da COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB, 2013) para na safra 2012/2013 foi previsto que a Região Centro-Sul e região Norte/Nordeste teria uma produção de cana-de-açúcar em 652,02 milhões de toneladas. Após o esmagamento de uma tonelada de cana foi gerado em torno de 325 kg de bagaço da cana-de-açúcar, ou seja, na safra de 2012/2013 foi gerado em torno de 2 milhões de toneladas de bagaço. Atualmente este bagaço tem diversas aplicações na economia brasileira como na alimentação animal, na construção civil através de fibrocimento, papel, madeira através do desenvolvimento de painéis reconstituídos, etanol de segunda geração e o principal que é geração elétrica através da queima do bagaço.

Segundo o estudo de Santana e Teixeira (1993), o bagaço *in natura* é composto aproximadamente por 44,5% de fibras lignocelulósicas, 50% de umidade, 2,5% de sólidos solúveis em água e 3,4% de cinzas.

Assim como neste trabalho, outros autores já estudaram o bagaço de cana-de-açúcar ou sua incorporação com outros materiais como madeira e bambu para a fabricação de painéis de partículas e fibras.

Bellini et. al. (2010) utilizaram resíduos como o bagaço de cana-de-açúcar em partículas que foram misturadas em percentual de até 100%, com fibra de *Eucalyptus grandis* para a produção de painéis, tendo como agente aglutinante resina ureia formaldeído. Os módulos de elasticidade (MOE) e de ruptura (MOR) dos painéis confeccionados com 75% de bagacilho de cana-de-açúcar não foram afetados significativamente, porém, com 100% dessa matéria-prima, não se enquadraram na NBR 15316 (2006). O estudo indica a viabilidade de utilização de partículas de bagacilho de cana-de-açúcar com fibras de *Eucalyptus grandis* na manufatura de painéis.

O bagaço da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*), também foi utilizado por Battistelle et. al (2008) misturando-o com as fibras das folhas caulinares do bambu da espécie *Dendrocalamus giganteus* e adesivo uréia-formaldeído na proporção de 12% para o desenvolvimento de chapas para vedação interna de edificações. As folhas caulinares estão disponíveis em grande parte das propriedades agrícolas brasileiras e o bagaço da cana-de-açúcar é o maior resíduo do agronegócio brasileiro. Os resultados mostraram que o traço com 100% de bagaço da cana-de-açúcar apresenta bom potencial para a produção de painéis.

2.2. Eucalipto

O eucalipto é uma árvore de origem Australiana e pertence à família das Mirtáceas onde cobre 90% da área do país (BERTOLA, 2004) formando densos maciços florestais nativos. Seu nome é derivado do grego eu (bem) e Kalipto (cobrir) que no caso faz referência à estrutura globular arredondada de seu fruto, caracterizando o opérculo que protege bem as suas sementes. Durante milhares de anos o eucalipto evoluiu em regiões secas da Austrália, com solos secos e pouco férteis, isto pode explicar como o eucalipto tem boa resistência, rápido crescimento e

uma boa capacidade de recuperação mesmo sob condições ambientais desfavoráveis ao seu crescimento e hoje no mundo já existem cerca de 700 tipos de sua espécie.

Os primeiros eucaliptos chegaram ao Brasil em 1825, no Jardim Botânico do Rio de Janeiro com o intuito de serem plantas ornamentais. Em 1868, a espécie começou a ser plantada para a produção de lenha e formação de barreiras contra o vento, inicialmente no Estado do Rio Grande do Sul. Sua expansão ganhou impulso nos primeiros anos do século XX com o trabalho do primeiro brasileiro a se interessar pelo estudo e cultivo da planta, o silvicultor Edmundo Navarro de Andrade e na antiga Companhia Paulista de Estradas de Ferro, o cientista promoveu plantios destas árvores para alimentar caldeiras das locomotivas e produzir dormentes, moirões e postes. Na época, foram introduzidas no Horto Florestal de Rio Claro (SP) as espécies de eucalipto cultivadas atualmente no País, (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL - BRACELPA, 2014). Em 1966 o total de eucalipto plantado já era em torno de 400 mil hectares assim o governo Federal estabeleceu um programa de incentivo fiscal, assim a área plantada aumentou consideravelmente e assim em 1973 a área plantada já ultrapassava mais de 1 milhão de hectares, (BERTOLA, 2004).

O eucalipto é uma árvore muito especial podendo fazer diversos tipos de produto como móveis, madeiramento para casas, postes, dormentes, mourões, pisos, mastros para barcos e até tecido sintético e capsulas para remédios e outras partes também se aproveitam. De suas folhas pode-se destilar e retirar óleo para se fazer remédios, produtos de limpeza e perfumes, de suas raízes pode-se fazer carvão e de suas flores as abelhas fazem um mel de alta qualidade. Bertola (2004) comenta que no Brasil as espécies mais cultivadas são: *Eucalyptus camaldulensis*, *E. citriodora*, *E. grandis*, *E. robusta*, *E. saligna*, *E. globulus*, *E. deglupta*, *E. tereticornis*, *E. pellita*, *E. moorei*, *E. smithii*, *E. urophylla* e *E. resinifera* e as mais cultivadas entre elas são as espécies *Eucalyptus grandis* (55%), *Eucalyptus saligna* (17%), *Eucalyptus urophylla* (9%), *Eucalyptus viminalis* (2%), híbridos de *E. grandis* e *E. urophylla* (11%) e outras espécies (6%).

Em 2012 o plantio de eucalipto totalizou 5.102.030 hectares apresentando um crescimento de 4,5% em relação ao ano de 2011 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE FLORESTAS PLANTADAS - ABRAF, 2013). A Figura 3 mostra a proporção e distribuição do plantio do eucalipto no Brasil. É notado também que a região sul e sudeste do país concentra a maior parte das florestas de eucalipto e isto pode ser justificado, pois estas regiões são concentradoras dos seguimentos das indústrias de papel e celulose, painéis de madeira, madeira processada, siderúrgica e carvão vegetal entre outros tipos de indústria que utilizam madeira como as indústrias de móveis.



Figura 3. Distribuição do plantio de eucalipto no Brasil (ABRAF, 2013)

Em comparação com o pinus, cuja área plantada em 2012 foi de 1.562.782 hectares caiu para 5,1% a menos em comparação com o ano de 2011 (ABRAF, 2013) a do eucalipto aumenta, pois como exemplo na produção de painéis o eucalipto apresenta algumas vantagens em relação ao pinus como (i) menor ciclo de corte das árvores e de rotação de plantações, (ii) maior rendimento na conversão volume de madeira/volume de painel MDF, pela maior densidade da madeira, (iii) utilização integral das toras, com a casca, removida quando da utilização do pinus, (iv) fibras de menor comprimento proporcionando melhor qualidade pós-usinagem do painel, para uma mesma energia de desfibramento aplicada (BELLINI, 2007). As desvantagens remetem a painéis de coloração mais escura, com maior abrasividade e pior desempenho em inchamento comparativamente a painéis de MDF confeccionados com madeira de pinus, e que podem ser minimizadas através do melhoramento genético. (BELLINI, 2012)

O anuário Brasileiro da ABRAF (2013), ano de referência 2012, mostra através da Figura 4 a concentração das empresas de madeira no Brasil e o que elas fabricam.

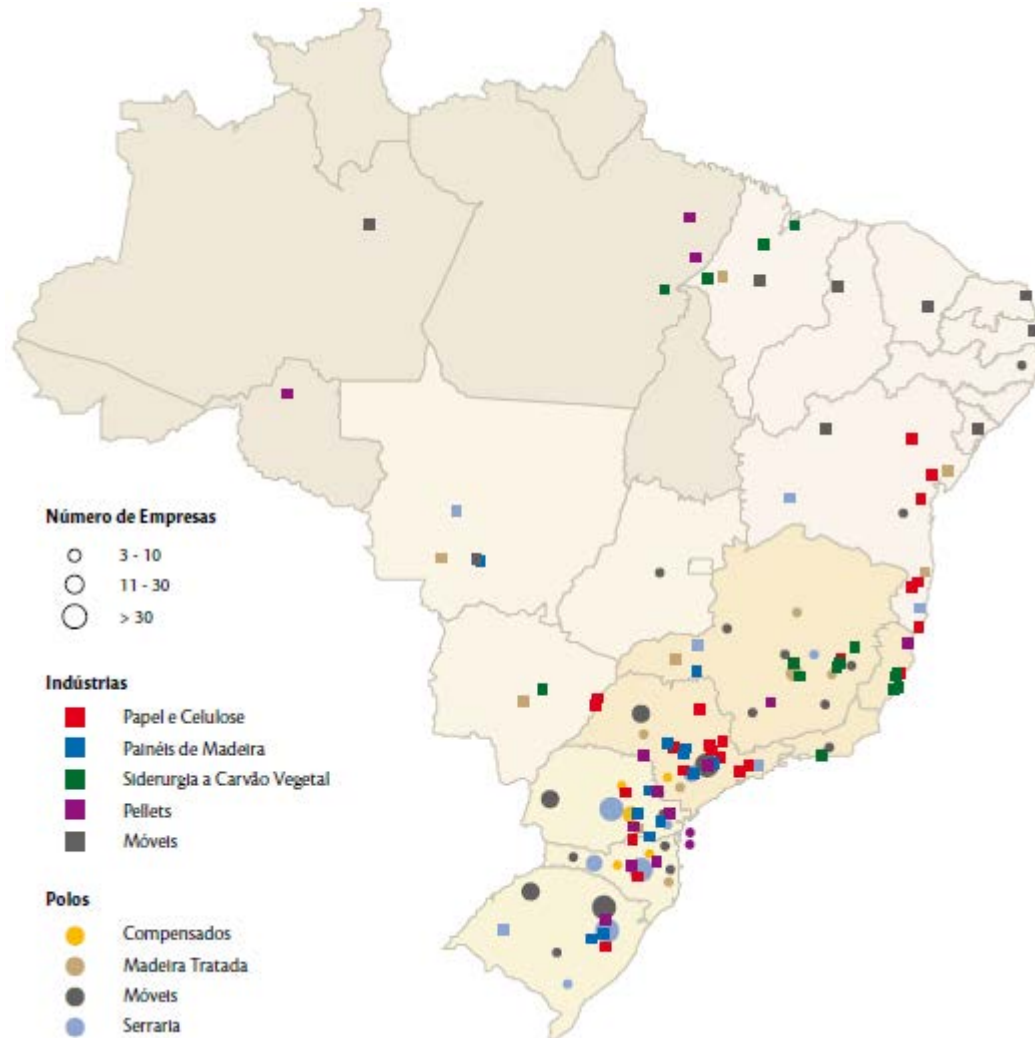


Figura 4. Concentração das empresas de madeira no Brasil (ABRAF, 2013)

A ABRAF (2013) publicou um mapa da distribuição proporcional dos produtos gerados a base de madeira e do destino destes produtos fabricados com a madeira de reflorestamento. A Figura 5 mostra como ficou esta pesquisa.

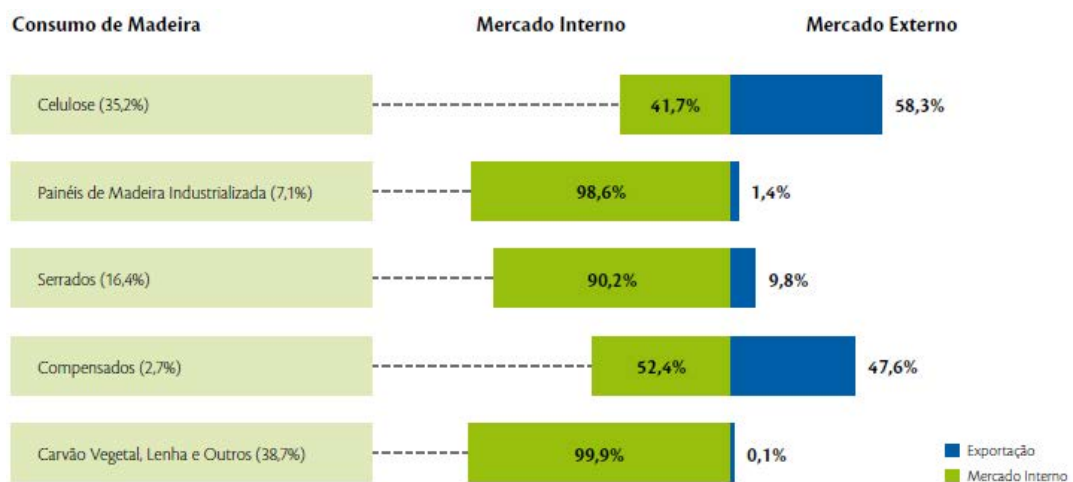


Figura 5. Distribuição proporcional de produtos a base de madeira e seus destinos (ABRAF, 2013)

Como demonstrado na Figura 5 o consumo de toras de madeira na produção de painéis de madeira foi de 7,1% do total, sendo a produção quase que totalmente destinada ao mercado interno. Esse valor demonstra o quão importante é a indústria de painéis no Brasil. Ela também demonstra a importância em se desenvolver painéis alternativos para a indústria o que ajudaria a preservar as florestas plantadas ou ao menos destinaria este importante recurso para outros fins.

2.3. Painéis Reconstituídos particulados e de fibras

A ideia em se desenvolver painéis de madeira reconstituído vem para se aproveitar a totalidade de uma tora de madeira eliminando assim as variações de uma árvore para outra, defeitos como: nós, presença de medulas, desalinhamentos entre outros problemas como falta de definição no comportamento quando a madeira seca e problemas relacionados a espessura e comprimento. A Figura 6 mostra quantas, o que fabricam e onde se localizam as fabricas de painéis reconstituídos no Brasil e a seguir segue exemplos de tipos de painéis reconstituídos:

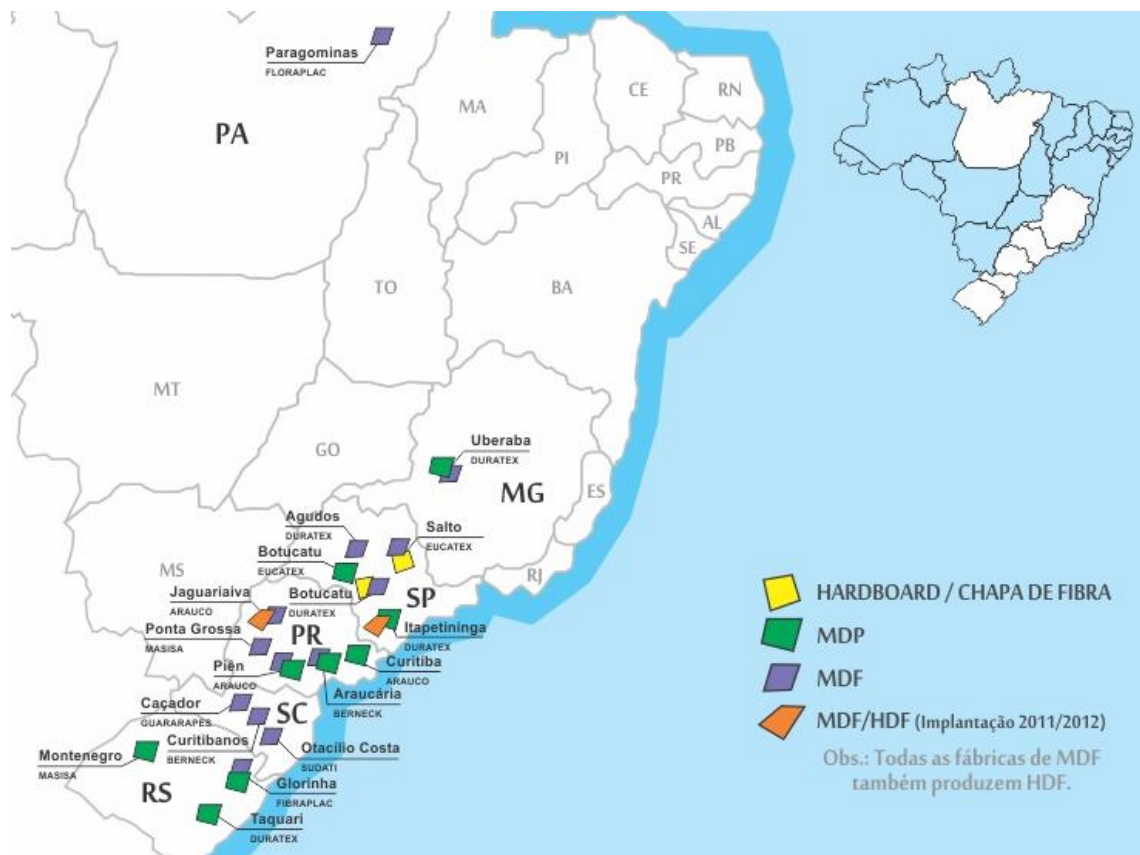


Figura 6. Localização das fabricas de painéis de painéis reconstituídos (ABIPA, 2013)

➤ Medium Density Particleboard (MDP) e Painéis de Partículas – O MDP é um painel de madeira reconstituída, assim como o MDF e o HDF. Na sua fabricação as

partículas são posicionadas de forma a formar três camadas, sendo as partículas de granulometria maior dispostas no centro e as partículas com granulometria menor e mais fina dispostas nas superfícies externas ou faces do painel. Essas partículas são aglutinadas e compactadas entre si com resina sintética ou natural, através da ação conjunta de pressão e calor em prensa quando produzidas industrialmente. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE PAINÉIS DE MADEIRA - ABIPA, 2013).

O MDP é especialmente indicado para produção de móveis residenciais e comerciais de linhas retas, formas orgânicas, que não exijam usinagens em baixo relevo, entalhes e cantos arredondados. Tem como características a alta densidade das camadas superficiais, assegurando um acabamento superior nos processos de impressão, pintura e revestimentos. Homogeneidade e grande uniformidade das camadas externas e internas. Boas propriedades mecânicas, melhor resistência ao arrancamento de parafuso, menor absorção de umidade, entre outras. (MADEIRAS OSASCO, 2014)

Já os Painéis de Partículas tem 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 com resina sintética ou natural, através da ação conjunta de pressão e calor em prensa. A principal indústria consumidora deste tipo de painel é a moveleira 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)

➤ Chapa de Fibra dura – Hardboard. As chapas de fibras duras são produzidas com fibras de madeira aglutinadas pelo processo de alta temperatura (calor), tempo e pressão, não recebendo resina sintética, pois são prensadas a quente pelo processo úmido que reativa o aglutinante natural da própria madeira conhecida como lignina e como resultado se tem uma chapa plana de alta densidade que pode ter várias opções de revestimentos e acabamentos. (ABIPA, 2013)

A madeira de Eucalipto reflorestada e certificada é utilizada na produção de chapa de fibra dura. A seleção das espécies é fundamental para obter melhor rendimento agroindustrial.

As principais características da chapa de fibra dura é a alta densidade e a resistência físico e química, que proporcionam acabamento de alto padrão. A chapa dura pode ser trabalhada de diversas formas: estampadas, curvadas, moldadas, usinadas, cisalhadas e pintadas. É um dos mais versáteis painéis e possui grande flexibilidade de aplicação. É indicada para a fabricação de móveis residenciais e para escritórios, fundos de armários e gavetas, para a paletização de produtos de diversas indústrias, em painéis de divisórias e nas indústrias automobilística (interior

de veículos), de embalagem, de brinquedo, de imagem e som, em hortifrutigranjeiros e na construção civil. (ABIPA, 2013)

➤ High Density Fiberboard (HDF) – Este também é um painel de madeira reconstituída, assim como o MDP e o MDF. As fibras de madeira também são aglutinadas e compactadas entre si com resina sintética através da ação conjunta de pressão e calor em prensa. O HDF é um painel industrial homogêneo, com excelente estabilidade dimensional, de superfície uniforme, lisa e de alta densidade e geralmente de espessuras finas.

O HDF é um painel cuja característica principal é a alta densidade com duas faces lisas, podendo ser usinada. É um painel muito versátil e utilizado em diversas indústrias. Funciona bem com usinagens e trabalhos de baixo relevo e tendo uma espessura fina o painel pode ser manipulado e aplicado em forma de arco. É indicado para a fabricação de móveis residenciais e corporativos em fundo de armários e gavetas, para embalagens de produtos de diversas indústrias, artesanatos em geral e brinquedos. Na construção civil é utilizado em pisos laminados, divisórias e portas. (ABIPA, 2013)

Além dos painéis de MDP, Painéis de Partículas, chapa de fibra dura e HDF existe o painel de MDF que é o painel pesquisado neste referido trabalho.

➤ Painel de Fibra de Média Densidade (MDF) - A primeira planta de produção de *Medium Density Fiberboard* (MDF) que se tem notícia surgiu em New York, Estados Unidos e foi fundada pelo empresário Harry Raddin que nomeou o produto baseando-se no processo sendo o nome da empresa Miller Hofft Company of Richmond porem apenas no ano de 1967 é que as siglas MDF foram usadas para identificar o novo painel. (MALONEY, 1993).

Em meados da década de 70, o MDF chegou a Europa, quando passou a ser produzida na antiga Republica Democrática Alemã e mais tarde, em 1977, ele foi introduzida na Europa Ocidental através da Espanha. Em território nacional a primeira empresa a fabricar painéis de MDF foi à empresa Duratex S.A. que implantou a primeira linha de fabricação no município de Agudos S.P. e a produção iniciou-se em setembro de 1997 (REMADE, 2003). No território nacional os painéis de MDF são fabricados com madeira de Pinus ou Eucalipto ou em proporção de ambas as madeiras e são proveniente de florestas de remanejamento plantadas exclusivamente para este fim. (ABIPA, 2013).

Atualmente o Brasil é um dos países mais avançados do mundo na fabricação do MDF e é também o país com o maior número de fábricas de alta tecnologia. Com investimentos contínuos em tecnologia e automação, as empresas brasileiras construíram versáteis e modernos parques industriais destinados à instalação de novas unidades, à atualização tecnológica das plantas já existentes, à implantação de linhas contínuas de produção e aos novos processos de impressão,

de impregnação, de revestimento e de pintura (ABIPA, 2013). Este material é uniforme, plano e denso e empregado principalmente na indústria moveleira.

O processo de fabricação dos painéis de MDF é um dos mais modernos do setor, pois sintetiza o conhecimento acumulado pelas indústrias de madeira reconstruída. A sua produção envolve uma série de etapas monitoradas, refletindo num produto de alta qualidade e desempenho (MARINHO 2012). A Figura 7 mostra as etapas do processo de fabricação do MDF.

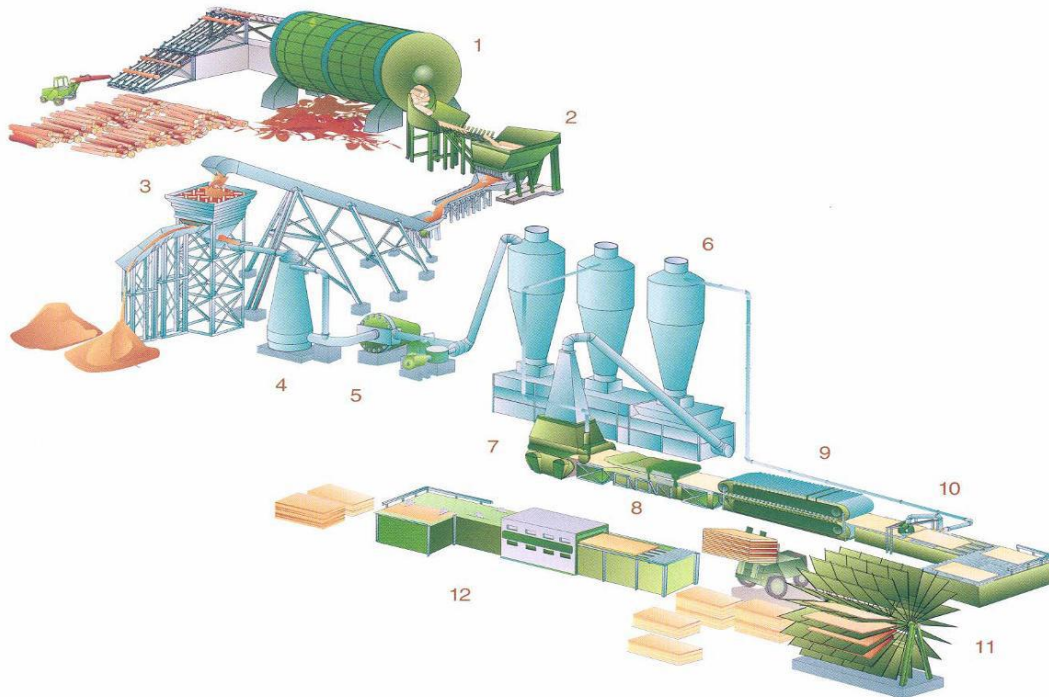


Figura 7. Etapas do processo de fabricação do MDF (GARCIA-ESTEBAN et al, 2002)

As etapas para a fabricação do painel de MDF segundo Maloney (2003), Iwakiri (2005) e Marinho (2012) são resumidas a seguir:

1. Descasque das toras de madeira – Esta é a operação onde é feita a retirada da casca das toras, juntamente com outros contaminantes como terra, pedregulho ou até mesmo metais ou qualquer outro material que possa estar fixado juntamente com a casca;
2. Geração de cavacos – Nesta etapa as toras de madeira já descascadas são transformadas em partes menores conhecidas como cavacos. Para a realização desta operação existe uma diversidade de equipamentos, podendo ser de disco, cilindro ou anel e o que define o equipamento adequado é a forma desejada da matéria prima;
3. Crivagem – A crivagem é a etapa onde se realiza a separação dos cavacos e isto é feito através de um conjunto de peneiras que normalmente são

vibratórias e os cavacos são compreendidos entre finos (≤ 8 mm) dos maiores (> 55 mm);

4. Lavagem dos cavacos e Pré Tratamento dos cavacos – A lavagem dos cavacos é um processo essencial, pois é nesta etapa que se faz a retirada das impurezas que vieram dos processos anteriores e nesta etapa também é feita a detecção de metais com detectores magnéticos para se retirar alguma partícula metálica ou até mesmo pedaços de metal que por ventura estão entre os cavacos. Para o pré-tratamento dos cavacos os processos podem ser: hidráulico, térmico ou químico, com ou sem pressurização, onde os cavacos devem conter uma umidade entre 40 e 60% (em peso seco). O princípio básico do pré-tratamento é a separação das fibras pela mudança do estado vítreo para o estado plástico da lignina, uma vez que a mesma exerce um papel ligante entre as paredes, facilitando a operação de refino e preservando a integridade das fibras;
5. Processo de desfibramento dos cavacos – Esta é principal etapa e onde se inicia a processo de fabricação que diferencia o MDF de Painéis de Partículas e MDP, (*Medium Density Particleboard*), pois diferente dos outros painéis citados que são feitos com partículas em camadas como o MDP onde as partículas menores fazem as camadas externas para melhor acabamento e as maiores são para a camada interna para estrutura do painel e o Painel de Partículas onde as partículas são de vários tamanhos e misturadas para formar o painel.

No caso do MDF o cavaco é transformado em fibras através de uma ação combinada de corte, cisalhamento mecânico e fricção por meio dos discos ranhurados dos refinadores. Quando se cisalha e fricciona o cavaco ele acaba separando e individualizando as fibras que o formam transformando o cavaco deixando-o com uma aparência de algodão, bem diferente das partículas. A Figura 8 demonstra a diferença entre as partículas com classificação na peneira malha 9 mesh, 20 mesh, 35 mesh e 60 mesh e as fibras provenientes da desfibração do eucalipto e do bagaço da cana-de-açúcar.



Figura 8. Diferença entre partículas e fibra, 60 mesh (A), 35 mesh (B), 20 mesh (C), 9 mesh (D), fibra de cana-de-açúcar (E) e fibra de eucalipto (F)

Aplicação de resina, aditivos, emulsão de parafina e secagem – A aplicação da resina, aditivos e emulsão de parafina é feita por meio de válvulas aspersoras, tipo névoa em *spray*, que ficam instaladas dentro da tubulação de transporte (*blowline system*) em fluxo contínuo junto com as fibras. A secagem pode ser realizada por sistema de duplo estágio (longos tubos que a fibra percorre através do ar quente e seco) ou por sistema de jato direto e indireto de calor. Posteriormente são enviadas para o “tanque pulmão”;

6. Formação do colchão de fibra – Este sistema é formado por uma longa esteira dotada com um sistema de sucção que mantém as fibras unidas formando um colchão. O entrelaçamento das fibras é feito por cilindros dentados que nivelam e seccionam o colchão retirando o material excedente;
7. Pré-prensagem – A pré-prensagem serve para dar uma compactada no colchão de fibras e para ajudar na retirada do ar interno entre as fibras e também para diminuir seu volume e este procedimento é feito por meio da passagem por rolos sem aplicação de calor, também ajuda a melhorar a transferência de calor na prensa, pois quanto mais unidas estiverem as fibras melhor é a área de contato e melhor é a transferência de calor;
8. Prensagem – Esta etapa na fabricação do MDF pode ser feita por dois tipos de prensas, as estáticas de pratos múltiplos ou as contínuas. Seu

aquecimento pode variar entre (140°C a 220°C) e é feito por meio de vapor, óleo ou alta frequência;

9. Pré corte – O pré corte é o seccionamento das bordas laterais e transversais e o equipamento que faz este processo é denominado *Cross sawn*;
10. Resfriamento – Depois do pré corte os painéis seguem para estações de resfriamento, onde permanecem por 36h ou mais. O equipamento é denominado como estação estrela, onde completa a cura da resina e evita variações de temperatura, e espessura;
11. Corte e acabamento – após o período de estabilização e cura os painéis seguem para setores de corte e acabamento em lixadeira.

O MDF tornou-se um dos materiais compósitos mais populares nos últimos anos. Isto devido a ele ser um painel uniforme e denso, liso e isento de nós, sendo um substituto para a madeira maciça em muitas aplicações, exceto quando é requerida a rigidez de madeira sólida, tal como numa prateleira longa. Suas superfícies lisas também fazem do MDF um excelente painel base para acabamentos diversos como folheados, laminados, pintura, papel e até moldagem a quente, (GONÇALVES, 2000). A Tabela 1 mostra o comportamento do MDF perante outros tipos de painéis.

Tabela 1. Comparativo do MDF perante outros painéis (GONÇALVES, 2000)

ATRIBUTOS	Aglomerado	Compensado	Sarrafeado
Densidade	=	=	=
Resistência à Flexão	↓	↑	↑
Resistência à tração transversal	↓	↑	↑
Módulo de elasticidade	↓	↑	↑
Dilatação linear	↑		↑
Fixação de parafusos - superfície	=		↑
Fixação de parafusos - borda	↓		↑
Aplainamento - superfície	↓		↓
Aplainamento - borda	↓		↓
Envernizamento - superfície	=	=	=
Envernizamento - borda	↓		↓
Revestimento sintético	=	↓	↓
Revestimento com laminados	=	↓	↓

↓ Pior do que o MDF; = Similar ao MDF e ↑ Melhor que o MDF

A Figura 9 apresenta gráficos que mostram o expressivo aumento no consumo per/capita de MDF entre os anos de 2006 e 2012 e os países que mais consomem esse tipo de painel no mundo, e, portanto justificando o desenvolvimento de um novo produto com material excedente da indústria agroindustrial.

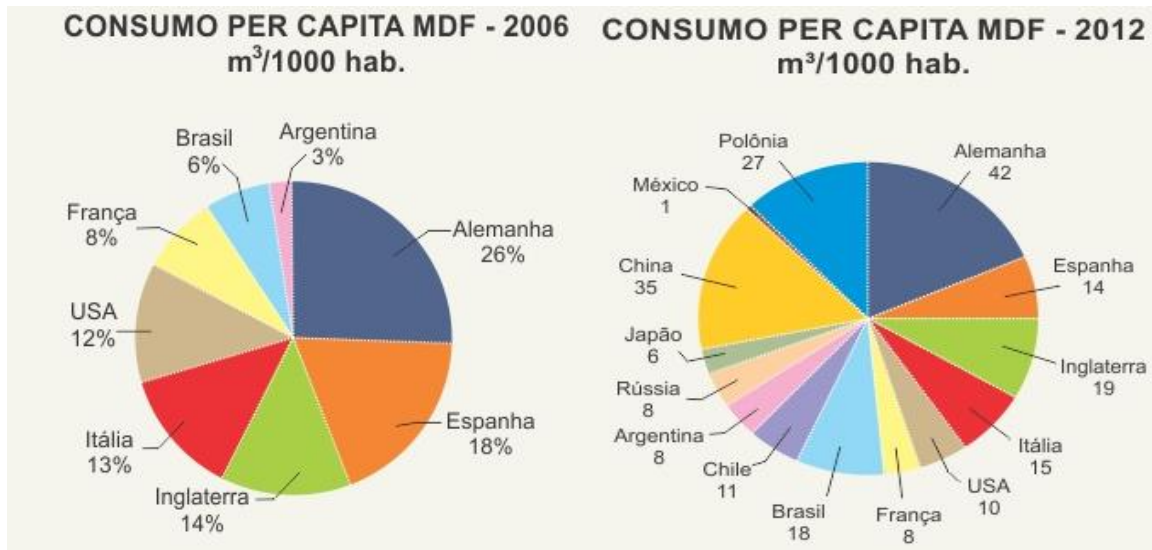


Figura 9. Consumo per/capita MDF (ABIPA, 2013)

O MDF possui consistência e algumas características mecânicas que se aproximam às da cortiça. Algumas de suas características são superiores às do aglomerado, caracterizando-se ambos por possuir boa estabilidade e grande capacidade de adsorção de tinta.

No Brasil produção anual de painéis de madeira industrializada cresceu de 3,1 milhões de toneladas para 7,3 milhões, um crescimento médio de 8,9% a.a. Da mesma forma, o consumo anual de painéis de madeira também cresceu de 2,8 milhões de toneladas, para 7,2 milhões, com incremento médio de 9,9% a.a. Em 2012, a produção de painéis de madeira industrializada cresceu 12,3% e o consumo, 10,8%. Nos últimos anos, a produção e o consumo da indústria de painéis de madeira industrializada apresentaram 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. Na Figura 10 é mostrado o histórico de produção e o consumo de painéis no Brasil de 2002 até 2012. (ABRAF, 2013)



Figura 10. Histórico de produção e o consumo de painéis no Brasil (ABRAF, 2013)

Gonçalves (2000) em seu livro “Processamento da Madeira” explica que a homogeneidade proporcionada pela distribuição uniforme das fibras possibilita ao MDF acabamento elevado podendo expor a parte interna, diferente do que acontece com painéis de partículas. As chapas de MDF são fabricadas industrialmente com diferentes características, que variam em função de sua utilização final, e como exemplo cita-se, além dos painéis normais, os painéis resistentes ao fogo e os painéis resistentes à água. Sendo um produto sólido e uniforme é possível o uso de técnicas convencionais utilizadas na madeira pura como: encaixar, entalhar, pintar, colar, laquear parafusar, perfurar e moldurar e sua resistência mecânica permite o emprego de peças de tamanho reduzido.

As espessuras dos painéis podem variar de 3 mm até 60 mm e sua utilização normalmente é para destinação a indústria moveleira para fabricação de tampos e pés de mesa, partes frontais, laterais de armários, guarda-roupa, peças decorativos e na área de arquitetura e construção civil pode ser utilizado como pisos finos, rodapés, batentes de portas, portas usinadas e almofadadas entre outros usos. (Iwakiri, 2005)

Iwakiri (2005) comenta que o MDF é oferecido ao mercado brasileiro basicamente com três acabamentos: painéis crus, painéis com revestimento laminado de baixa pressão, também chamados de painéis BP e os painéis com revestimento “*finish foil*”:

- Os painéis crus são utilizados principalmente de forma que possa ser realizado o acabamento das peças através de pintura, revestimento com PVC, usinagem ou estamperia;
- Os painéis com revestimento com laminado de baixa pressão são produzidos através da pressão de um laminado. O laminado de baixa pressão e um papel

especial impregnando com resina melamínica que com o auxílio de temperatura e pressão se funde na superfície do painel e é disponível em vários padrões, conforme a solicitação do fabricante, resultando em um painel já pré-acabado e pode-se revestir ambas as faces ou apenas uma, permitindo ao usuário usinar a face não revestida e acabá-la como quiser;

- Os painéis com revestimento “*finish foil*” são produzidas por adição de uma película de papel que é colada normalmente com resina uréia-formaldeído sobre a superfície do painel com o auxílio de pressão e temperatura, resultando em um produto já acabado. Essa película pode ser impressa em vários padrões.

Com o crescente aumento no consumo mundial de MDF este trabalho vem desenvolver um novo tipo de MDF, utilizando não somente a madeira, mas sim rejeito agro industrial como o bagaço de cana-de-açúcar. Além do bagaço de cana-de-açúcar outros resíduos agroindustriais são utilizados como pesquisa para produção de painéis de MDF.

Philip Ye et al. (2007) determinaram as propriedades comparativas do painel (MDF) feitas a partir de biomassa renovável (palha de trigo e soja) e painéis feitos a partir de fibras de madeira macia convencional. As propriedades avaliadas foram módulo de elasticidade, módulo de ruptura, força de ligação interna, inchamento de espessura, e arrancamento de parafuso. Os resultados mostram que o MDF fabricado com fibra de palha de trigo e fibra de palha de soja tem baixas propriedades de resistência mecânica e de resistência a água comparado com o MDF feito de fibra longa de madeira. Palha de soja é comparável à palha de trigo, em termos de propriedades mecânicas e de resistência. As fibra de palha de trigo e as fibra de palha de soja devem ser tratadas fisicamente ou quimicamente para aumentar a sua propriedade de resistência à água para a produção de MDF.

O trabalho realizado por Akgul, Tozluoglu (2008) investigou o potencial do MDF feito a partir da casca de amendoim (*Arachis hypogaea L.*) com uma mistura de fibra de madeira para a produção do painel para fins gerais. Para a produção dos painéis, a adição de casca de amendoim moída em moedor de faca e passada por peneiras foi misturada a diferentes percentagens de fibras de madeira (*Pinus nigra*), e está foi a única variável. Os painéis produzidos utilizando casca de amendoim foram comparados com os painéis produzidos utilizando 100% de fibras de madeira e o adesivo utilizado foi à ureia formaldeído na proporção de 11%. Os resultados indicaram que os painéis podem ser produzidos utilizando-se até 30% de casca de amendoim, sem afetar a capacidade de utilização dos painéis.

A casca de arroz também foi investigada como possível material para fabricação de painéis de MDF. Bauchongkol et al. (2007) avaliaram algumas propriedades importantes do MDF fabricado com bambu (*Dendrocalamus asper*) e palha de arroz. Foram feitos um total de 20 painéis experimentais com uma densidade média alvo de 0,70 g/cm³ com 100% de bambu, com 100% de palha de arroz e a mistura de 80% bambu e 20% palha de arroz e 50-50% de bambu e palha de arroz.

O módulo de elasticidade (MOE), módulo de ruptura (MOR), força de ligação interna, densidade, e a rugosidade da superfície das amostras foram averiguadas. As amostras com 0,75 g/cm³ de densidade tinham 34% MOE e 27% MOR a mais do que as amostras com densidade de 0,65 g/cm³, respectivamente. Assegura-se que o uso de 5% de palha de arroz nos painéis não reduziu significativamente as propriedades físicas e mecânicas das amostras. A medição das características de superfície das amostras resultou que tais painéis podem ser usados como substrato para as sobreposições finas, sem quaisquer problemas significativos.

Estudos mostraram que também é possível utilizar cone de pinheiro ou flor de espécie de árvores *Pinus Pineia L.*. Ayrlimis et al. (2009) pesquisaram as propriedades físicas e mecânicas do MDF feitos a partir de várias misturas de fibras de madeira e de cones de pinheiro (*Pinus pinea L.*). Foram utilizadas as normas Européias para MDF. Os painéis foram fabricados utilizando procedimentos semelhantes que a produção industrial utiliza e estes foram simulados no laboratório. Seis tipos de painéis foram feitos a partir das misturas de fibras madeira com farinha de cone, 100/0%, 90/10%, 80/20%, 70/30%, 60/40% e 50/50% (fibras de madeira/farelo de cone de pinheiro), respectivamente.

A adição de farinha de cone de pinheiro na confecção do MDF reduziu significativamente a emissão de formaldeído do painel. Além disso, a adição de 10% de farinha de cone também melhora a resistência à água no painel MDF usando uréia-formaldeído (UF) como resina. No entanto, a adição de mais farinha de cone no painel influencia negativamente a sua resistência à água. Propriedades de flexão e tração perpendicular diminuíram com o aumento do teor em farinha de cone no painel. A resina UF é a principal fonte de emissão de formaldeído a partir dos painéis à base de madeira. Dependendo da adição de farinha de cone nos painéis, os valores de emissões de formaldeído variaram de 2,6% a 55,3% inferiores aos painéis feitos com 100% de fibras de madeira. Com base nos resultados obtidos neste estudo, a farinha de pinha pode ser utilizada como um “apanhador” de formaldeído e seria biológico, renovável e natural e como uma alternativa ao tradicional coletor de formaldeído para a classe E1 na fabricação do MDF.

2.4. Fatores que afetam as propriedades dos painéis de partículas e fibra

Muitos são os fatores que influenciam no bom desempenho de um painel de partículas e de fibras. Desde a escolha do material a ser empregado, a coleta das partículas, a geometria destas e as diferentes etapas no processo de fabricação estarão envolvidos para proporcionar uma maior qualidade e resistência do painel produzido.

A influência do adesivo na composição do painel é muito importante, não somente a escolha do tipo de adesivo a ser aplicado no painel, mas a porcentagem do adesivo com relação a massa de partículas, o que proporcionará futuramente maior ou menor resistência.

Segundo pesquisa de Dacosta *et. al.* (2005), independente do tipo de material e considerando-se o teor de adesivo, foram observados e obtidos valores baixos em flexão estática usando-se 4% de adesivo, e valores maiores com 8 e 12%. No ensaio de tração perpendicular foi observado um aumento de resistência com o uso de adesivo em proporção de 12%, independente do tipo de resíduo.

Brito (1984) e Maciel (2001), também observaram que a resistência à tração perpendicular foi influenciada positivamente pela maior quantidade de adesivo empregado. Da mesma forma, aumentando-se o teor de adesivo, aumenta proporcionalmente a resistência das chapas.

As variáveis de processo tais como geometria das partículas, teor de umidade, tipo e quantidade de resina e ciclo de prensagem, devem ser considerados dentro de critérios e padrões recomendados por norma.

A densidade da madeira é também um fator determinante na qualidade das chapas, pois determina suas propriedades físico-mecânicas. A quantidade de material necessário para a formação do colchão é calculada baseando-se no peso de material, assim uma madeira de densidade mais baixa levará a formação de um colchão mais espesso. A razão de compactação estabelece a relação entre a densidade da madeira e a densidade do painel. (DIAS *et. al.*, 2004).

2.5. Resinas

Desde o início da história humana existem relatos da utilização de adesivos pelo homem. Alguns destes relatos são conhecidos indícios do aproveitamento de resinas de árvores como a goma-arábica extraída de essências florestais, da aplicação do ovo e da borracha natural para poder juntar dois materiais. Na Primeira Guerra Mundial, os adesivos eram normalmente compostos de proteínas animais, porem foram surgindo novos materiais que mostraram uma certa resistência à água ou passaram a permitir aplicação à temperatura do ambiente. Também foram criados adesivos de elevada resistência à absorção de água, com base na albumina sanguínea, porem estes recorriam ao processos de cura quente. (ALMEIDA, 2006)

Para a fabricação de painéis de fibras e de partículas, Iwakiri (2005) comenta que os adesivos se distribuem em dois grupos básicos: adesivos de origem natural e adesivos sintéticos (termoplásticos e termoendurecedores/termofixos). Nos naturais destacam-se aqueles de origem animal como os glutina (couro, pele e osso) o amido (batatas, trigo), a caseína (leite), a albumina (sangue), de proteína vegetal (Soja), éter celulósico, borracha natural, mamona e o tanino, e os adesivos de

origem sintético termoplásticos (polivinil acetato, polivinil acrilato, polietileno, poliestireno, borracha sintética) e sintéticos termoendurecedores/termofixos (uréia-formaldeído, melamina-formaldeído, fenol-formaldeído e tanino-formaldeído)

Segundo Almeida (2006) as resinas mais utilizadas e que são consumidas na produção de MDF são provenientes da reação entre a ureia, e o formaldeído e o fenol e o formaldeído, dando origem assim às resinas de ureia-formaldeído (UF) e resinas fenólicas. A Figura 11 mostra o esquema de produção de resinas uréicas e fenólicas

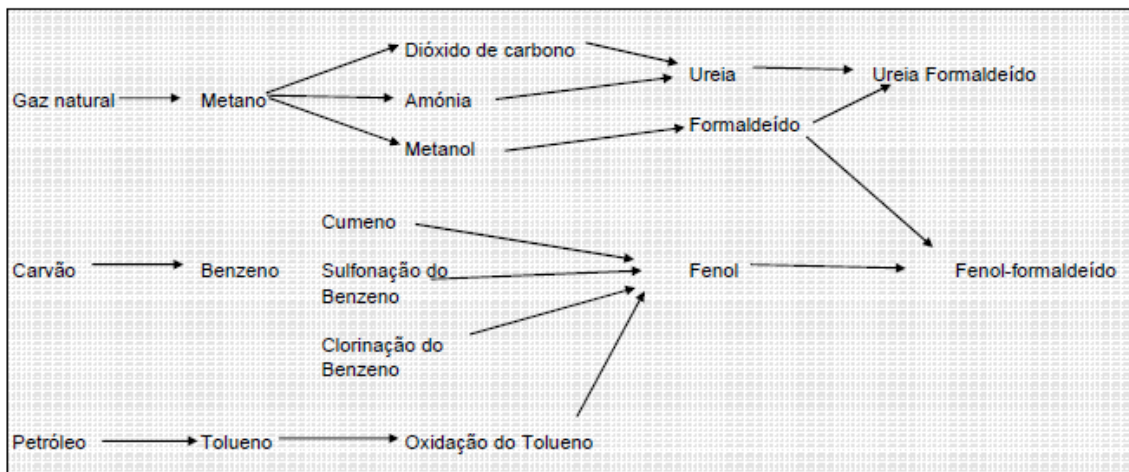


Figura 11. Esquema de produção resinas uréicas e fenólicas (ALMEIDA APUD BINDER, 1974)

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% (IWAKIRI, 2005).

Os principais tipos de adesivos utilizados na produção de painéis aglomerados e de fibras são:

- Poliuretana a base de Mamona - No geral, 90% das indústrias de painéis utilizam resinas uréia-formaldeído, que são brancas ou incolores, possuem menor custo e reagem rapidamente durante a prensagem a quente. Entretanto, não são adequadas para uso em ambiente externo, pois não são resistentes a umidade elevada.

Porém, para fabricar chapas de fibras, pode-se utilizar a resina poliuretana bi-componente à base de óleo de mamona, por se tratar de um material considerado não tóxico e derivado, em grande parte, de fonte renovável. Esta é uma vantagem em relação aos adesivos convencionais, compostos em sua maioria de matéria-prima não renovável. além de serem prejudiciais à saúde de quem manipula o

produto, por ser cancerígeno (JOSÉ, 2006). Porém ela ainda não é usual comercialmente sendo esta utilizada normalmente em pesquisa em laboratório.

José (2006) na leitura de trabalhos para sua pesquisa cita que Butterfield et al. (1992) observou que o processo de adesão das fibras ocorre em três fases distintas e por meio de interação físico-química. Inicialmente o adesivo deve umedecer o substrato de madeira para, em seguida, fluir de modo controlado durante a prensagem e finalmente adquirir a forma sólida.

As poliuretanas (PU) foram desenvolvidas por Otto Bayer, em 1937, e são produzidas pela reação de um 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 àquelas das chapas coladas com adesivo fenólico. Possuíam a vantagem de não emanar formaldeído, além de apresentarem maior resistência à umidade (JOSÉ apud PETERSON, 1964).

Conhecida internacionalmente como “Castor Oil” e, no Brasil, por “Caturra”, a mamona (*Ricinus communis*) 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. 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. 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. (JOSÉ, 2006)

- Fenol-formaldeído (FF) - A resina fenol-formaldeído teve sua inicialização comercial em meados de 1930 e tem característica alta resistência à umidade sendo classificada para uso exterior. Seu uso se destina geralmente para compensados, aglomerados estruturais e painéis de fibra duras a prova d'água. Como características sua coloração é marrom avermelhado e seu custo em geral é de 2,5 vezes maior que a resina uréia-formaldeído. (IWAKIRI, 2005)
- Melamina-formaldeído (MF) - Segundo a descrição de Iwakiri (2005) a melamina-formaldeído é uma resina classificada como de uso intermediário entre a uréia-formaldeído e a fenol-formaldeído. Sua coloração é branca leitosa sendo mais resistente a umidade que a resina uréia-formaldeído e com cura mais rápida que a resina fenol-formaldeído, porém seu custo é de 3 a 4 vezes maior que a resina UF e de 20 a 25% maior que a FF. Em função do alto custo, esta pode ser utilizada como “fortificante”, em mistura com a uréia-

formaldeído, na proporção de 40 a 60%. A combinação melamina-uréia-formaldeído e confere aos painéis uma maior resistência à água.

- Uréia-formaldeído (UF) - A resina uréia-formaldeído (UF) é a resina utilizada na elaboração desta pesquisa e assim como a resina fenol-formaldeído a uréia-formaldeído teve seu desenvolvimento em meados de 1930 e possui uma ampla aplicação na indústria madeireira em todo mundo, na colagem de madeira sólida, compostos laminados e em painéis reconstituídos e no caso dos painéis fabricados em mais de 90% esta é a resina empregada. É o adesivo mais utilizado na produção de aglomerados que se destinam ao uso interno. As uréias são preferidas por causa do baixo custo, facilidade de manuseio, cura rápida e são incolores, não conferindo cor desfavorável à superfície do painel. (IWAKIRI, 2005)

Almeida (2006) comenta que é uma das mais importantes resinas e que por ano são produzidos cerca de 1 bilhão de toneladas no mundo inteiro e também explica que estas resinas são resinas termoendurecíveis e são constituídas por oligômeros lineares ou ramificados e moléculas poliméricas, mas contém também sempre monômeros não reagidos. A ureia que não reagiu permite uma maior estabilidade da resina quando armazenada. O formaldeído não reagido tem uma atuação bivalente, ou seja, se por um lado induz a reação de cura, por outro lado provoca a liberação de formaldeído durante o ciclo de prensagem e depois ao longo do tempo quando o painel já tiver sido prensado.

A uréia é produzida comercialmente pela reação de dióxido de carbono e amônia numa faixa de temperatura que fica entre 135 até 200°C e sob uma pressão de 70 até 130 atm. Já o formaldeído é obtido pela oxidação do metanol que é preparado comercialmente a partir de monóxido de carbono e hidrogênio ou de petróleo. (IWAKIRI, 2005)

Depois que o processo de cura termina, a resina UF fica insolúvel, e se transforma em uma rede com a aparência vista em microscópio tridimensional não podendo mais ser fundida novamente mesmo pela ação do calor. No momento em que está armazenada ou no momento da aplicação, as resinas UF são solúveis podendo ser diluídas em água se for necessário. Mesmo sendo constituídas normalmente por dois componentes, “ureia e formaldeído”, pode ocorrer uma grande variedade de reações ocasionando outras estruturas moleculares de resina. As Principais características destas resinas podem ser encontradas em sua formação molecular e são: elevada reatividade, base aquosa e reversibilidade da ligação aminometileno, explicando sua baixa resistência à água e à humidade, especialmente a temperaturas elevadas, e é também uma das razões para a emissão do formaldeído. Quando curadas as resinas ureia-formaldeído podem ser hidrolisáveis sob a ação da água ou da humidade devido às fracas ligações entre o azoto da ureia e do carbono das pontes de metileno, especialmente a altas

temperaturas. (ALMEIDA, 2006). A Figura 12 representa a formulação química da uréia e do formaldeído.

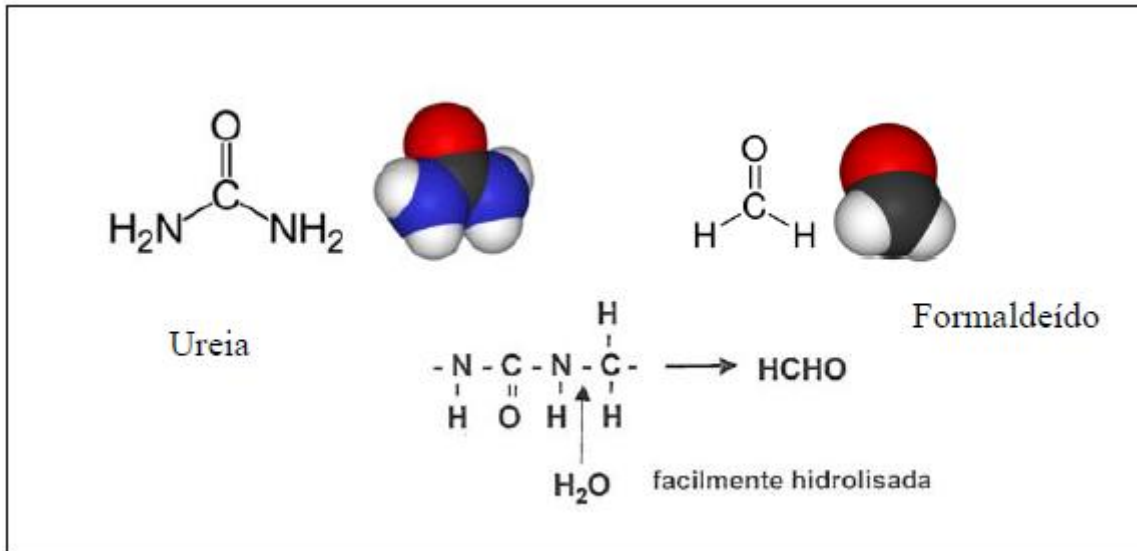


Figura 12. Representação formula química da uréia e do formaldeído (ALMEIDA, 2006)

Iwakiri (2005) explica que a razão molar entre formaldeído e uréia (F/U) fica compreendida entre 1,2/1 e 2/1 e resinas com baixa razão molar entre 1,2/1 até 1,6/1 se caracterizam por maior tempo de gelatinização (vida útil da resina), menor conteúdo de formaldeído livre, menor resistência à água e menor resistência mecânica e rigidez e ritmo de cura mais lento que resinas com razão molar maior (1,8/1 até 2/1). Estas resinas são produzidas em solução aquosa com conteúdo de sólidos entre 60 e 70% e também são feitas na forma de pó e sua coloração também é branca leitosa assim como a resina melanina-formaldeído e seu ph fica compreendido entre 7,4 até 7,8 e viscosidade na faixa de 400 a 1000cp (25°C) e a cura se processa pela redução do ph por meio da adição de um catalizador ácido. A vida útil para armazenamento é de 3 meses para resina líquida e um ano para resina em Pó.

2.6. Aditivos Químicos

São produtos químicos que junto com a resina são incorporados nas partículas/fibras de madeira ou partículas/fibras de rejeitos agroindustriais durante o processo de aplicação da resina e tem como finalidade melhorar algumas propriedades específicas dos painéis ou mesmo catalisar o adesivo:

- Catalisador – São de dois tipo, frio e quente. A frio são os orgânicos como ácido cítrico, fórmico e tartárico e a quente como cloreto de amônia e sulfato

de amônia, que são utilizados com temperatura entre 90 e 180°C e adicionados na resina uréia-formaldeído tendo a função de reativar a pré-condensação e aumentar a velocidade de polimerização e cura da resina. O uso destes agentes reduz o ph da resina, tornando o meio mais ácido e tendo a ação de endurecedor por combinação com o formaldeído livre. (IWAKIRI, 2005) (ALMEIDA 2006)

- Emulsão de Parafina – A ideia de utilizar a emulsão de parafina vem da indústria de papel e serve para diminuir a taxa de penetração de líquidos nas estruturas capilares (ALMEIDA, 2006). Aplicado em pequena proporção e baseado no peso do sólido resinoso, tem a finalidade de reduzir a higroscopicidade das partículas de madeira e melhorar a estabilidade dimensional dos painéis. (Iwakiri, 2005)

3. OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo principal desenvolver e avaliar um novo painel de MDF composto de fibras de madeira de reflorestamento, da espécie eucalipto, composto com o resíduo agrícola, oriundo da cana-de-açúcar e impregnado com a resina Ureia Formaldeído (UF).

3.1. Objetivos específicos

- Avaliar o desfibramento do bagaço da cana-de-açúcar;
- Avaliar a densidade das fibras de cana-de-açúcar com as fibras de eucalipto;
- Comparar os dois tipos de fibras em seu comprimento e espessura e densidade;
- Avaliar a resistência física do painel através dos ensaios de inchamento em espessura e absorção de água;
- Avaliar a resistência mecânica através dos ensaios de flexão estática e tração perpendicular;
- Avaliar os painéis através de microscopia eletrônica de varredura para verificação da compactação e de concentrações de resina;
- Comparar os resultados obtidos entre os traços desenvolvidos em laboratório e painel comercial equivalente.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

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

4.1. Materiais utilizados:

- Resina Uréia Formaldeído (UF) de formulação E1, fabricada pela empresa Duratex S.A;
- Bagaço de cana-de-açúcar, coletado em usina sucroalcooleira na região de Jaú, no interior de do Estado de São Paulo;
- Eucalipto na forma de fibra, fornecido pela empresa Duratex S.A;
- Sulfato de amônio;
- Emulsão de parafina, fabricada pela empresa Duratex S.A.

4.1.1. Equipamentos utilizados:

- Microscópico Eletrônico de Varredura, fabricante Zeiss, modelo EVO LS15.
- Depositor PVD- Physical vapor deposition Quorum, modelo Q 150I ES
- Prensa Hidráulica, fabricante PHS, modelo PHH 80T, com força máxima de 80 toneladas e temperatura máxima dos pratos de 200°C;
- Prensa manual de madeira a frio (pré-prensagem);
- Desfibrador mecânico, fabricante Regemed, modelo MD 3000, reservatório com capacidade de 40 litros, discos tipo Bauer de 30 cm de diâmetro e motor trifásico.
- Estufa de secagem fabricante SOLAB, modelo 102/480, potência de 4000 W, com temperatura máxima de 200°C;
- Balança digital fabricante Toledo, carga máxima de 200 kg, com divisão mínima de 0,05 kg;
- Balança digital fabricante 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;
- Moinho de martelo rotativo com três eixos e com quatro martelos por eixo;
- Serra circular esquadrejadeira fabricante Verry com mesa de 1,5 x 0,60 m e serra circular fabricante Leitz especificação 250x2.8/e2.0x30 HW Z80/9.82;
- Centrifuga fabricante Arno Classic, modelo NCRA 10,5 kg;
- Conjunto de peneiras vibratórias, fabricante Pavitest;
- Estereoscópio Citoval 2 com câmera digital Leica acoplada;
- 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);
- Dissecador fabricante Arsec – controle de umidade;
- Caixas formadoras em madeira para moldagem do colchão de fibras;
- Pulverizador manual de resina;
- Tambor em plástico com capacidade volumétrica de 200 L;
- Furadeira industrial fabricante Makita modelo HP 2050 com 720 W de potência, acoplada com batedor de massa leve;
- Mesa em madeira, medindo 1,65 x 2,60 m usada para espalhamento das fibras.

4.2. Metodologia

Neste item estão descritas a metodologia empregada no desenvolvimento desta pesquisa.

4.2.1. Resina Ureia Formaldeído (UF) e Emulsão de Parafina

A resina ureia formaldeído (UF) e a emulsão de parafina, foram fornecidas pela empresa Duratex S.A. Estes produtos são provenientes de sua fábrica de produtos químicos e são destinados ao seu consumo próprio. A resina ureia formaldeído foi doada pela Duratex, num total de 15 kg de produto tendo como rotulagem "resina Formulação E1", não sendo fornecida nenhuma outra informação sobre o produto, tais como, acidez, quantidade de sólidos ou outros componentes químicos.

Para emulsão de parafina foi doado 2 kg, não sendo fornecido nenhum tipo de informação química, apenas uma identificação "emulsão" e sua aparência sendo branca leitosa. Para a solução utilizada na encolagem das fibras foi utilizado as seguintes porcentagens:

- Resina – 10% do peso total de fibras secas;
- Emulsão de parafina – 1,5% do peso total de fibras secas;
- Sulfato de amônio (sal) – 1,5% do peso da resina;
- Água – 5% do peso de resina.

4.2.2. Bagaço da cana-de-açúcar

O bagaço da cana-de-açúcar foi coletado no pátio da Usina de Açúcar e Álcool São Manuel, instalada no município de São Manuel – Estado de São Paulo, sendo retirado diretamente da saída do sistema de descarregamento de bagaço da linha de moagem e imediatamente acondicionado em sacos plásticos, pois devido ao elevado teor de umidade, o bagaço poderia sofrer rapidamente ataque de fungos, causando sua deterioração. Em seguida esse bagaço foi transportado até o Laboratório de Processamento da Madeira do Departamento de Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia, UNESP, campus de Bauru.

No laboratório, o bagaço foi pesado, apresentando um total de 44,1 kg de bagaço *in natura*, colocado em bandejas e em seguida, levados a estufa de

secagem para a retirada de sua umidade, a uma temperatura de 70°C, permanecendo na estufa até a retirada completa da umidade. Para se conhecer o teor de umidade presente no bagaço, sete amostras foram retiradas, uma de cada bandeja. A Equação 1. cálculo do teor de umidade, e a Tabela 2 apresentam a relação de peso e teor de umidade de cada uma das amostras.

$$U = \frac{MU - MS}{MS} \times 100 \quad (1)$$

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).

Tabela 2. Relação peso e teor de umidade (Fonte, autor)

Amostra	Massa Úmida (g)	Massa Seca Após 72h (g)	Umidade (%)
1	22,00	17,40	26,44
2	20,70	16,30	26,99
3	22,90	17,30	32,37
4	22,50	17,60	27,84
5	24,70	18,10	36,46
6	27,40	21,70	26,27
7	27,90	22,60	23,45
		Média	27,00%

Depois de retirada da estufa, onde permaneceu por 72h, foi possível constatar que em média 27,0% de sua massa apresentava água retida, assim seu peso de partículas foi reduzido de 44 kg para 35 kg de bagaço in natura seco.

4.2.3. Preparação do bagaço da cana-de-açúcar

Após a secagem do bagaço de cana-de-açúcar, deu-se início a preparação das fibras. Para a preparação dessas fibras, houve a necessidade de retirar as partes finas da cana. Para a separação dessas fibras e partes finas, foi utilizada uma peneira com abertura 3,82mm (malha 6 mesh). Depois que todo o material foi peneirado, obteve-se como resultado, 21 kg de fibras, sendo descartados 14 kg de finos, partes celulares e pequenas fibras que passaram pela peneira. Na Figura 13 é apresentada a aparência da parte fibrosa da cana-de-açúcar e na Figura 14 apresenta a parte descartada com baixa resistência mecânica.



Figura 13. Parte fibrosa da cana-de-açúcar (Fonte, autor)



Figura 14. Parte descartada da cana-de-açúcar (Fonte, autor)

4.2.4. Preparação das fibras de bagaço de cana-de-açúcar

As fibras do bagaço da cana-de-açúcar foram levadas para o Laboratório de Polpa e Papel do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná – UFPR, onde foram desfibradas em um desfibrador mecânico de fabricação Regimed, modelo MD 3000.

Para se desfibrar o bagaço, primeiramente foi realizado o teste de umidade para se saber a quantidade exata de água que seria adicionada ao bagaço, pois o desfibrador pode trabalhar com o máximo de 40 litros de água, menos a massa seca do material a ser desfibrado, com no máximo de 500g de material. Neste momento, o bagaço apresentou 8% de umidade, ficando então calculado que seriam utilizados 39,6 litros de água mais 435g de bagaço e destes 435g, 400g são relativos ao bagaço seco e 35g de água contida nele, equivalente aos 8% de umidade. Por segurança ficou definido que seria utilizado somente 400g de bagaço, um valor um pouco inferior que o máximo permitido, com o intuito de não forçar o equipamento. A

Figura 15 apresenta a massa úmida de bagaço (A), o teste de umidade (B) e o total de massa úmida mais a quantidade de água para abastecer o desfibrador (C).



Figura 15. Massa úmida de bagaço (A); Teste umidade bagaço (B) e 39,6 Litros de água mais massa úmida de bagaço (C) (Fonte, autor)

Após a determinação o volume de água e bagaço de cana de açúcar, todos os materiais foram colocados dentro do reservatório do desfibrador em processo de desfibramento pelo período de 8 minutos. O desfibrador trabalhou com um sistema de realimentação, onde seus discos funcionaram como uma bomba que fez o conteúdo de seu reservatório circular num sistema de fluxo contínuo e no período de 8 minutos, sendo necessário ir corrigindo a regulagem dos discos, aproximando-os e fazendo com que o material fique cada vez mais fino, até se obter o tamanho de fibra desejado. A Figura 16 apresenta o disco e o conjunto desfibrador com o reservatório, indicando o limite máximo do material a ser desfibrado e a Figura 17 mostra o fluxo do desfibrador e a descarga das fibras processadas.

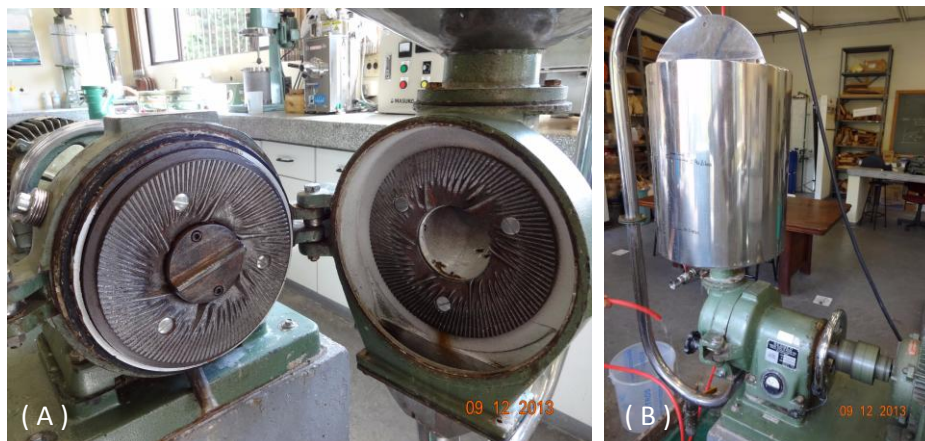


Figura 16. Discos do desfibrador (A) e reservatório desfibrador (B) (Fonte, autor)



Figura 17. Fluxo do desfibrador (A) e a abertura do reservatório do desfibrador (B) (Fonte, autor)

Logo após o conteúdo do reservatório ter sido esgotado e o excesso de água retirado, o conteúdo já desfibrado de bagaço foi colocado dentro de sacos de pano e levado para uma centrífuga e então centrifugado até o ponto em que apenas algumas gotas saíram do equipamento, deixando apenas o bagaço desfibrado na forma "grumos". Apesar de centrifugado o bagaço já desfibrado ainda apresentou teor de umidade superior a 100%, sendo necessário a sua secagem em estufa até que o mesmo ficasse com umidade inferior a 10% para facilitar a individualização das fibras que formam os grumos. A Figura 18 apresenta a massa de bagaço ainda úmida, a centrífuga e as fibras de bagaço de cana-de-açúcar "empelotadas".



Figura 18. Massa úmida de bagaço (A), equipamento de centrifugação do bagaço (B) (Fonte, autor)

Com a umidade inferior a 10%, os grumos de fibras do bagaço da cana-de-açúcar foram levados até o moinho de martelo onde foram processadas até que os "grumos" fossem desmanchados e o material ficasse semelhante a um chumaço de algodão. Na Figura 19 pode-se visualizar a massa de bagaço de cana de açúcar já seca, as fibras após operação de moagem por martelamento e uma vista interna do moinho de martelos, mostrando os vários martelos ligados ao eixo rotor.



Figura 19. Massa seca de fibras de bagaço (A), Fibras marteladas (B) e o Moinho de martelo (C)
(Fonte, autor)

4.2.5. Fibras de eucalipto

As fibras de eucalipto foram fornecidas pela empresa Duratex S.A. sendo estas fibras provenientes de floresta plantada para consumo próprio. Estas árvores depois de cortadas são levadas para o pátio de estocagem da fabrica sendo descascadas e picadas, seguindo para o desfibrador onde estes cavacos de madeira são desfibrados na presença de água e vapor tornam-se fibras com aparência de um chumaço de algodão. As fibras para este trabalho foram retiradas da linha industrial da fabrica da Duratex unidade Agudos localizada no município de Agudos-SP. No total foram doados 25 kg de fibras de eucalipto. A Figura 20 mostra a aparência das fibras de eucalipto utilizadas nesta pesquisa.



Figura 20. Fibras de eucalipto (Fonte, autor)

4.2.6. Comparação das fibras de bagaço de cana-de-açúcar e eucalipto

A fim de se comparar as fibras da cana-de-açúcar obtidas no desfibramento em laboratório com as fibras de eucalipto, foram feitas imagens utilizando um estereoscópio a fim de se observar as dimensões e sua aparência de modo geral e com o auxílio do software incluído no sistema de visualização do estereoscópio foi possível fazer medições na espessura e no comprimento das fibras de eucalipto e da cana-de-açúcar.

Também para efeito de comparação dos tipos de fibras encontrados e seus tamanhos, foi realizado o perfil granulométrico utilizando um conjunto de peneiras vibratórias com malhas de 9 mesh, 20 mesh, 35 mesh, 60 mesh e menores que 60 mesh (fundo).

Para cada tipo de fibra foi adicionada uma massa de 30g com tempo de vibração no conjunto de peneiras vibratórias de 10 minutos, sendo realizadas três amostragens de eucalipto e três amostragens de fibra de cana-de-açúcar, sendo uma amostra de cada um dos sacos plásticos.

4.2.7. Densidade aparente das fibras

Foi feito um teste de densidade aparente com as fibras de eucalipto e as fibras de cana-de-açúcar. Este teste consiste em colocar as fibras em um recipiente com o volume conhecido para saber sua massa. No experimento foi utilizado um copo onde seu volume foi verificado sendo de 2400000 mm^3 , sendo colocado em seguida em balança digital com precisão de 0,01g. Na balança a massa do copo foi descontada sendo esta operação conhecida como tara, sendo posteriormente abastecido com as amostras de fibras para conhecer suas respectivas massas. Para o cálculo foi utilizada a fórmula prescrita na equação 2, na Figura 21 é apresentado o copo na balança já programada com a tara.



Figura 21. Balança programada e tarada (Fonte, autor)

4.2.8. Desenvolvimento do painel MDF e testes preliminares

Antes de se iniciar a fabricação dos painéis, foram realizados vários testes preliminares, utilizando-se somente fibra de eucalipto, pois a quantidade deste tipo de fibra era mais abundante e permitindo o desenvolvimento do procedimento metodológico prévio.

Desde a fabricação inicial do primeiro painel teste até se obter o resultado esperado foram feitos sete painéis de MDF de eucalipto e um oitavo painel de MDF com fibra de cana-de-açúcar, para se avaliar o resultado com esta nova fibra. Cada painel teve uma metodologia de fabricação diferente sendo fixado apenas a densidade do painel de 700 kg/m³. A dimensão do painel foi de 22x22x1,27cm e a quantidade de resina ureia formaldeído, fixada em 10% da massa de fibras, a emulsão de parafina foi fixada em 1,5% da massa das fibras, a pressão teve algumas variações, dependendo do painel teste, podendo chegar a um máximo de 190bar e a temperatura dos pratos da prensa aquecidos fixados em 160°C, sendo o tempo de prensagem fixado em 10 minutos e o tempo de mistura das fibras com a resina UF de 3 minutos. Nenhum teste físico ou mecânico foi realizado nestes testes, apenas análise visual para a concentração de resina e foi forçada a quebra manualmente para se obter uma ideia de sua resistência mecânica.

Definidos os parâmetros de fabricação como: quantidade de resina, densidade e massa das fibras, dimensão do painel teste, tempo de mistura das fibras e temperatura de prensagem, os painéis testes foram fabricados, conforme a seqüência a seguir:

Teste 1 - Resina distribuída aos poucos sobre a massa de fibras, utilizando um dosador (copo) até o esgotamento total do frasco. Fibras misturadas em tambor pequeno com espessura da camada de fibras grande com batedor para massa média acoplado em furadeira e tempo de mistura de 3 minutos e moldado na fôrma de madeira, pré-prensada e levada na prensa hidráulica com pratos aquecidos a 160°C e prensando até 193,75 kgf/cm² (190 bar) por 3 minutos, após esse período diminuiu-se a pressão para 122,37 kgf/cm² (120 bar) e mantendo por mais 2 minutos e aumentou-se novamente para 163,16 kgf/cm² (160 bar) até completar o tempo de 10 minutos. Resultado do primeiro teste: painel muito "fraco" visualmente com grandes concentrações de resina, demonstrando pouca interação das fibras com a resina.

Teste 2 – Para melhorar e facilitar a fabricação, a pressão da prensa foi fixada em 193,75 kgf/cm² (190 bar), retirando-se o ciclo de prensagem, pois a prensa não sendo automatizada, ficou complexo fazer o ciclo manual. Os outros parâmetros foram mantidos conforme descrito no teste 1. Resultado do segundo teste: painel

com aparência visual estrutural bem melhor que o primeiro teste, com grandes concentrações de adesivo porem ainda muito "frágil" visualmente.

Teste 3 – Para este painel, vários parâmetros foram modificados. Foi feita a troca de tambor pequeno e espessura da camada de fibras grande para mistura para um tambor grande e espessura de camada de fibras pequena e inspirado no sistema industrial as fibras foram colocadas em uma mesa em uma fina camada para aplicação da resina por spray com o pulverizador em névoa. Na indústria as fibras são encoladas utilizando-se nebulização na própria tubulação onde as fibras são levadas para a formadora de colchão de fibras, desta maneira se garante que cada fibra receba resina suficiente e distribuída da maneira mais uniforme possível.

Devido à dificuldade de obtenção de um aplicador de resina semelhante ao industrial houve a necessidade de substituir a tubulação por uma mesa, espalhando-se as fibras de forma mais uniforme e com a camada mais fina possível e estas recebendo a resina na forma de uma névoa bem fina. Dessa forma foi possível espalhar a resina de uma maneira muito mais uniforme aproximando-se do processo industrial. Outros parâmetros foram mantidos, conforme teste 1. Como resultado, o painel produzido ficou aceitável, com pontos de resina bem mais definidos, demonstrando que o novo método de aplicação melhorou em muito a distribuição da resina e também apresentou características mecânicas visualmente aceitáveis.

Teste 4 – Neste teste a única modificação foi à proporção de água no adesivo que necessitou ser aumentada de 5% para 15% em função da massa da resina a fim de melhorar a mistura da resina com as fibras. Como resultado se obteve um painel com melhor distribuição visual do adesivo, porem a resistência mecânica visualmente ficou prejudicada, pois com a maior quantidade de água, o adesivo ficou com uma diluição muito grande.

Teste 5 – Outras modificações que levaram a melhora do painel fabricado. Foi trocado o batedor, sendo que anteriormente era utilizado um batedor de massa média, acoplado a uma furadeira manual industrial e agora foi colocado em seu lugar um batedor de massa leve. A porcentagem de água voltou a ser de 5% em relação ao peso da resina. Como resultado esta nova modificação proporcionou uma mistura ainda mais homogênia entre resina e fibra fazendo com que o aspecto do painel, tanto na concentração de resina como na resistência mecânica visual ficasse muito melhor.

Teste 6 – Para este teste, as condições do teste 5 foram mantidas, somente alterando-se novamente a proporção de água no adesivo que foi para 15% em função da massa da resina. Mais uma vez o painel voltou a apresentar fragilidade visualmente, porem a sua aparência ficou praticamente isenta de concentrações de resina, com a aparência similar ao painel comercial.

Teste 7 – Neste ultimo teste, a porcentagem de agua voltou a ser de 5% em relação ao peso da resina e foi também utilizado o batedor de massa leve, porém o tempo

de mistura do adesivo com as fibras passou de 3 minutos para 5 minutos. Como resultado, obteve-se o melhor painel desenvolvido, tendo este apresentado poucas marcas de concentração de adesivo, aspecto de aparência sólida, e visualmente com boa resistência mecânica. Com as condições impostas neste último teste, ficou praticamente definido todos os parâmetros para a fabricação dos painéis.

Teste 8 – Neste teste foi feito o primeiro painel com a fibra de cana-de-açúcar, utilizando os mesmos parâmetros do painel teste 7. Como resultado, obteve-se um painel com acabamento bonito, aparentemente e visualmente resistente e com poucos pontos de concentração de resina.

Ao final dos oito testes preliminares, ficou definido que os parâmetros que devem ser utilizados na fabricação dos painéis MDF objeto desta pesquisa, são:

- Temperatura dos pratos da prensa, 160°C;
- Pressão máxima, 193,75 kgf/cm² (190 bar)
- Tempo de prensagem, 10 minutos;
- Tempo de mistura, 5 minutos;
- Espalhamento das fibras sobre a mesa com a camada mais fina possível;
- Aplicação da resina em névoa fina com pulverizador manual de duplo efeito.

A Figura 22 apresenta os painéis produzidos na fase preliminar. Os painéis de números de 1 a 7 foram fabricados com fibras de eucalipto. O oitavo painel foi fabricado com fibra do bagaço da cana-de-açúcar, sendo o único de coloração clara entre os painéis.



Figura 22. Painéis MDF da fase de teste preliminar (Fonte, autor)

4.2.9. Fabricação dos painéis MDF de cana-de-açúcar e eucalipto

Para dar início a fabricação dos painéis de fibras de cana-de-açúcar e eucalipto, em primeiro lugar foi feita uma estimativa de quantos painéis seriam fabricados e quantos traços de material seriam desenvolvidos levando-se em consideração a quantidade de material disponível dos dois tipos de fibras, respeitando o volume menor de fibras de cana-de-açúcar realizada.

Definiu-se a fabricação de quatro traços de painel e um traço de painel foi adquirido no comércio de Bauru ficando seu nome denominado T1, conforme apresentado na Tabela 3. Fica aqui determinado que para os grupos seus nomes equivalentes foram: traço T1, painel MDF comercial de eucalipto, adquirido no comércio de Bauru. Traço T2, painel MDF contendo 100% de fibra de eucalipto. Traço T3, painel MDF contendo 67% de fibra de eucalipto e 33% de fibra de cana de açúcar. Traço T4, painel MDF contendo 33% de fibra de eucalipto e 67% de fibra de cana de açúcar. Traço T5, painel MDF contendo 100% de fibra de cana de açúcar. A densidade alvo dos painéis foi de 700 kg/m³, definida pela norma ABNT NBR 15316-2 (2009) como sendo painel de média densidade. A resina utilizada foi à ureia formaldeído doada pela Duratex com denominação de E1 sendo utilizada a porcentagem de 10% de resina, calculado sobre o peso de material seco. Como aditivos para melhoria das propriedades dos painéis, foi utilizado 1,5% de emulsão de parafina, calculado sobre o peso de material seco.

Tabela 3. Composição dos painéis fabricados em laboratório com a quantidade de material utilizado (Fonte, autor)

Traço	Materiais		Resina UF (g)	Emulsão de Parafina (g)	Proporção de material
	Fibras de Eucalipto (g)	Fibras de cana-de-açúcar (g)			
T1	-----	-----	-----	-----	100% eucalipto
T2	1081	0	108,1	16,2	100% eucalipto
T3	724,3	356,7	108,1	16,2	67% eucalipto+ 33% ca-de-açúcar
T4	356,7	724,3	108,1	16,2	33% eucalipto+ 67% ca-de-açúcar
T5	0	1081	108,1	16,2	100% cana-de-açúcar

O tempo de encolagem das fibras foi de 5 minutos, temperatura dos pratos da prensa em 160°C, pressão máxima de 193,75 kgf/cm² (190 bar) e tempo de permanência na prensa de 10 minutos e aplicação da resina com pulverizador manual de duplo efeito com formação de névoa fina. Para efeito de comparação foi adquirido no comércio local de Bauru um painel de MDF fabricado com fibras de

eucalipto com dimensões de 180 cm de largura por 280 cm de comprimento por 1,27 cm de espessura a fim de se retirar quatro pequenos painéis medindo 38 x 32 x 1,27 cm para se retirar os corpos de prova e proceder os ensaios recomendados pela NBR 15316-2 (2009), comparando-se os resultados deste com os fabricados no laboratório.

Ao se iniciar a fabricação dos painéis, foi preciso fabricar uma nova caixa formadora desmontável em três segmentos, pois devido a altura do bolo de fibras resinada, conforme se compactava, o volume ia diminuindo, então retirava-se um segmento da caixa formadora, até que todo conjunto fosse levado para a pré-prensagem em prensa manual. No fundo desta caixa formadora de colchão foi montado um quadro metálico na dimensão de 38 x 32 x 1,27 cm, responsável pelas dimensões finais dos painéis após prensagem. Esse quadro metálico, chamado de delimitador de espessura, continha furos e pequenos canais em todo o seu perímetro, tanto na parte inferior quanto na parte superior, que permitiram a saída do vapor de água durante o processo de prensagem à quente.

A Figura 23 mostra a caixa formadora utilizada na construção dos painéis MDF, com a tampa que permitiu a pré-prensagem e também o quadro metálico (delimitador de espessura) que foi colocado na base inferior da caixa formadora. Também é apresentado a caixa formadora de dimensões reduzidas utilizada na fase de testes preliminares.

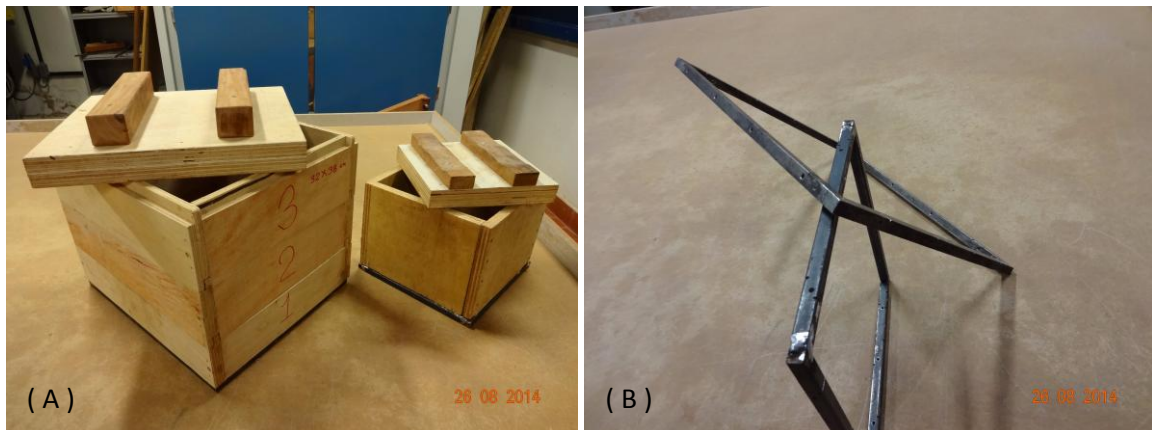


Figura 23. Caixa formadora 38x32x1,27cm e caixa formadora teste (A) e quadro metálico (B) (Fonte, autor)

A Figura 24 mostra outro dispositivo construído, a prensa manual utilizada para facilitar a conformação do colchão de fibras, foi feita de madeira com sistema de alavanca. Com a ajuda desta prensa manual, foi possível conformar o colchão de fibras de forma mais eficiente e com compactação mais uniforme.



Figura 24. Prensa manual de alavanca (Fonte, autor)

Para se iniciar a produção do painel primeiramente se fez a mistura dos componentes do adesivo que são: 10% da massa do painel de ureia formaldeído mais 1,5% da massa do painel de emulsão de parafina mais 1,5% da massa de resina de sulfato de amônio mais 5% da massa de resina de água, misturar tudo e colocar no recipiente da bomba e logo depois a massa de fibras é colocada sobre a mesa espalhando-a até se obter uma camada bem fina. A Figura 25 mostra o adesivo misturado dentro do pulverizador manual, o volume que representa a massa de 1081g de fibras em cima da mesa e a mesa com massa de fibras em camada fina, pronta para receber o adesivo.



Figura 25. Adesivo no pulverizador (A), Massa de fibras (B) e massa de fibras distribuída sobre a mesa (C) (Fonte, autor)

Logo que a massa de fibras foi espalhada sobre a mesa, o adesivo foi aplicado, sendo nebulizado sobre as fibras (Figura 26) e em seguida essas fibras foram recolhidas e colocadas em um misturador de 200 litros (Figura 27) para proceder a mistura com o auxílio de uma furadeira industrial acoplada a um batedor de massa leve, por um período de 5 minutos. Após homogeneização das fibras com o adesivo, este material foi então distribuído de maneira mais uniforme possível, dentro da caixa formadora. Para montar a caixa formadora primeiro colocou-se uma chapa de aço inox sobre a prensa de alavanca e em seguida colocou-se uma folha de papel alumínio sobre esta chapa, que fez a função de desmoldante do painel após prensagem e em seguida colocou-se a caixa formadora com seu quadro

metálico encaixado na parte inferior da mesma sobre todo o conjunto. A Figura 28 mostra a caixa formadora pronta para receber a mistura encolada e também ela com o colchão de fibras que receberá a pré-prensagem.



Figura 26. Processo de pulverização do adesivo em forma de névoa sobre as fibras (Fonte, autor)



Figura 27. Tambor e sistema mecânico de mistura, composto de furadeira industrial e batedor de massa leve (Fonte, autor)

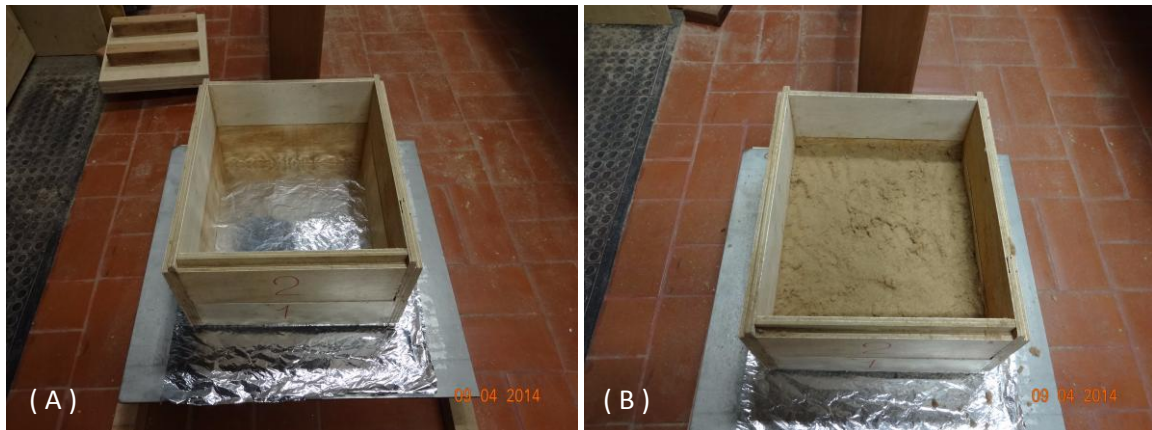


Figura 28. Caixa formadora montada (A) e a caixa formadora com colchão de fibras (B) (Fonte, autor)

Após colocação das fibras encoladas, distribuídas no interior da caixa formadora, foi colocado uma tampa de madeira que permitiu a ação da prensa de alavanca, obtendo-se um colchão bem prensado e com resistência suficiente para ser levado até a prensa hidráulica. Tendo o bolo de fibras sido formado, este foi levado para a prensa hidráulica com pratos aquecidos a 160°C e foi conformado sob pressão de 193,75 kgf/cm² (190 bar) pelo tempo de 10 minutos. Finalizado esse tempo de prensagem, os pratos foram abertos de forma vagarosa, aliviando-se a pressão interna e os vapores residuais do painel. Em seguida o painel pronto foi retirado e levado para ambiente com temperatura e umidade controladas, a fim de que esfriasse lentamente. As Figuras 29 e 30 mostram a sequência desse procedimento.



Figura 29. Conformação do colchão de fibras (A), bolo de fibras de fibras de eucalipto (B) e o colchão de fibras de cana-de-açúcar (C) (Fonte, autor)



Figura 30. Colchão de fibras sendo prensado (A) e o painel pronto (B) (Fonte, autor)

A Figura 31 mostra os painéis fabricados com os quatro diferentes traços T2, T3, T4 e T5.



Figura 31. Painéis fabricados (Fonte, autor)

Para a avaliação dos painéis de MDF composto de fibras de eucalipto com fibras de cana-de-açúcar foi elaborado um plano de corte seguindo a recomendação da NBR 15316-3(2006), contendo os seguintes ensaios físicos: densidade, inchamento em espessura com 2 e 24 horas, absorção de água com 2 e 24 horas e teor de umidade utilizando 12 corpos de prova para cada ensaio com dimensões de 50 x 50 mm e também os seguintes ensaios mecânicos: tração perpendicular às faces, utilizando 12 corpos de prova com dimensões de 50 x 50 mm e flexão estática utilizando 12 corpos de prova com dimensões de 300 x 50 mm. A Figura 32 mostra o plano de corte utilizado.

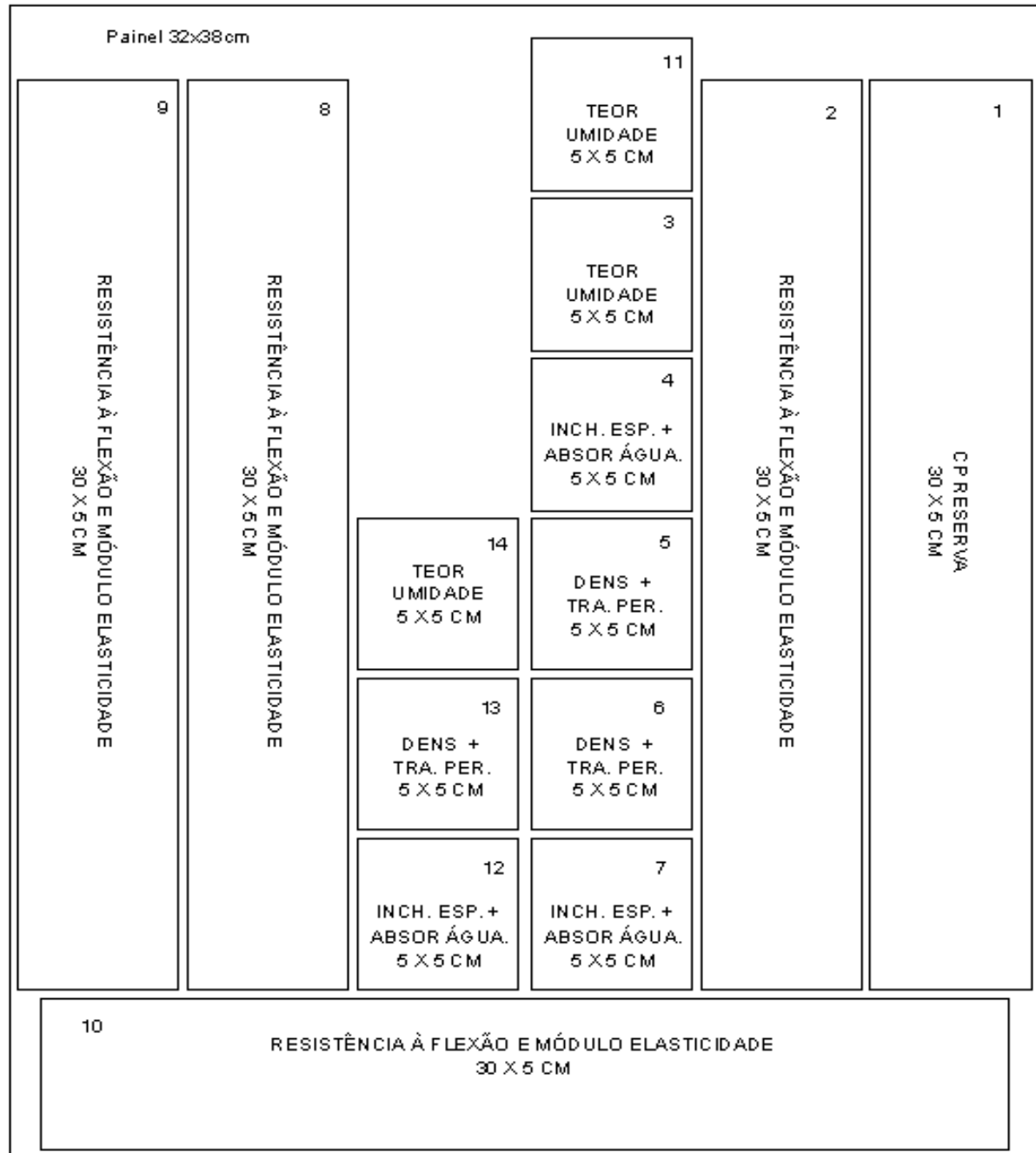


Figura 32. Plano de corte utilizado (Fonte, autor)

4.3. Ensaio físicos

Neste item estão descritos os ensaios físicos realizados nesta pesquisa.

4.3.1. Determinação da Densidade

Neste ensaio foi avaliada a densidade dos painéis de MDF confeccionados. Para se determinar o valor da densidade de cada painel, foi utilizado na medição, um paquímetro digital e um micrômetro digital. Uma balança com resolução de 0,01g foi utilizada na determinação da massa das amostras. Para esse cálculo foram utilizadas as equações 2 e 3. (Equação 2. Densidade do CP)
(Equação 3. Volume do CP)

$$D = \frac{M}{V} \times 1000000 \quad (2)$$

$$V = L \times C \times E \quad (3)$$

Onde:

D = é a densidade do CP (corpo de prova), expressa em quilogramas por metro cúbico (kg/m³);
m = é a massa do CP, expressa em gramas (g);
V = é o volume do CP, expresso em milímetro cúbico (mm³);
L = é a largura do CP, expresso em milímetros (mm);
C = é o comprimento do CP, expresso em (mm);
E = é a espessura do CP, expresso em milímetros (mm).

4.3.2. Determinação da Absorção de Água e do Inchamento em espessura

No ensaio de absorção de água, as amostras inicialmente foram pesadas em uma balança digital com resolução de 0,01g, obtendo-se a massa M0. Em seguida elas foram imersas em um recipiente com água com temperatura controlada em 20°C ± 1°C, de forma que os CPs permaneceram 25 mm abaixo da linha d'água por períodos de 2h e 24h. Então foram pesadas novamente, obtendo-se a massa saturada, denominada M1. Com esses valores e a equação 4, obteve-se a absorção de água expressa em porcentagem. (Equação 4. Absorção de Água)

$$A = \frac{M1 - M0}{M0} \times 100 \quad (4)$$

Onde:

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

M1 = massa do CP após a imersão, expresso em gramas (g);
 M0 = massa do CP antes da imersão, expresso em gramas (g).

No ensaio de inchamento em espessura, no qual foi determinado o aumento percentual da espessura do painel devido à absorção de água, mediu-se a espessura no ponto mais ao centro da amostra, antes dela ser imersa em água, obtendo-se a espessura E0. Após imersão por períodos de 2 e 24 horas, no mesmo recipiente com água e mesmas condições do ensaio de absorção de água, foi obtido a espessura após saturação, denominado E1. A diferença entre o E1 e E0, fornece o aumento percentual da espessura calculado através da equação 5. (Equação 5. Inchamento em Espessura)

$$I = \frac{E1 - E0}{E0} \times 100 \quad (5)$$

Onde:

I = inchamento em espessura do CP, expresso em porcentagem (%);
 E1 = espessura do CP após imersão, expressa em milímetros (mm);
 E0 = espessura do CP antes da imersão, expresso em milímetros (mm).

Através destes ensaios foi avaliada a capacidade dos painéis em absorverem umidade do meio ambiente, o que influencia diretamente na sua utilização, recebendo a função de elemento de vedação, interno ou externo.

4.3.3. Determinação do Teor de Umidade

Para o ensaio do teor de umidade dos painéis, os corpos de prova foram pesados, obtendo-se a massa úmida, denominada Mu. Após colocação em estufa de secagem a uma temperatura de $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, e ali permanecerem até que toda a água fosse retirada. Para se obter a massa seca, denominada Ms o CP tem que ter duas pesagens consecutivas em que a diferença de peso seja inferior a 0,1%. A relação entre Mu e Ms, fornece o valor da umidade residual do CP, calculada pela equação 6. (Equação 6. Teor de Umidade)

$$U = \frac{MU - MS}{MS} \times 100 \quad (6)$$

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. Ensaio mecânicos

Neste item estão descritos os ensaios mecânicos realizados no desenvolvimento desta pesquisa.

4.4.1. Determinação da Resistência à Flexão e Módulo de Elasticidade

Neste ensaio os corpos-de-prova foram alocados em uma máquina universal de ensaios, apoiados em dois pontos de maneira a deixar um vão livre de 250mm, com a aplicação de um carregamento no ponto médio do vão livre, de forma lenta e gradual. Para o cálculo do módulo de ruptura (MOR), utilizou-se a equação 7 e para o cálculo do módulo de elasticidade (MOE), utilizou-se a equação 8. (Equação 7. Módulo de Ruptura (MOR))
(Equação 8. Módulo de Elasticidade (MOE))

$$MOR = \frac{1,5x(PxD)}{Bx(E)^2} \quad (7)$$

Onde:

MOR = módulo de ruptura, expresso em newtons por milímetro quadrado (N/mm²);

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

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

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

E = espessura média tomada em 3 pontos do corpo-de-prova (mm).

$$MOE = \frac{P1xD^3}{dx4xBxE^3} \quad (8)$$

Onde:

MOE = módulo de elasticidade, expresso em newtons por milímetro quadrado (N/mm²);

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

D = distância entre os apoios do aparelho, expresso em (mm);

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

B = largura do corpo-de-prova, expressa em milímetros (mm);

E = espessura média tomada em 3 pontos do CP, expressa em milímetros (mm).

4.4.2. Determinação à Resistência a Tração Perpendicular as faces

O ensaio de tração perpendicular as faces é também conhecido como adesão interna das partículas e analisa a ligação interna entre partículas e adesivo, estando esta 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 12 corpos-de-prova de cada traço de painel preparados por meio da colagem destes em duas placas metálicas, sendo uma placa na base e outra no topo das amostras. 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

Os corpos-de-prova foram colocados na máquina universal de ensaios e submetidos a carregamentos crescentes até ocorrer à ruptura. A resistência a tração perpendicular as faces foi calculada através da equação 9. (Equação 9. Resistência a tração Perpendicular)

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

Onde:

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

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

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

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 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%.

4.6. Microscopia Eletrônica por Varredura (MEV)

Para a análise por microscopia eletrônica de varredura, foram retirados pequenos corpos-de-prova em forma de cubos, com dimensões de 1,2 x 1,2 cm de todos os traços de material sendo cinco amostras em face (topo) ou região que fica em contato com os pratos da prensa, para análise da conformação do material nesta região e cinco amostras na região usinada, de cada traço de material a fim de analisar o comportamento do material após corte por serra circular.

Para se realizar o ensaio, foi necessário fazer a metalização das amostras com ouro, a fim de torná-las condutoras. Esta técnica é conhecida como PVD (Physical Vapor Depositio), deposição física por vapor e consiste em um arco elétrico ou plasma que vaporiza o material catodo (ouro) e depois de vaporizado, este forma uma película que é condensada na amostra a ser analisada.

Após a deposição, as amostras foram coladas em uma pequena peça de alumínio, conhecida como "stub" que são peças com formato de uma pequena moeda com um pino no centro em um dos lados. Esses "stub" foram colocados no microscópio eletrônico de varredura (MEV) no porta stub com capacidade para nove peças. As imagens de microscopia de todas as amostras foram tomadas com zoom de 100x e utilizando uma corrente de 10kv (10000 volts). A Figura 33 mostra a deposição de ouro e uma vista geral do MEV.

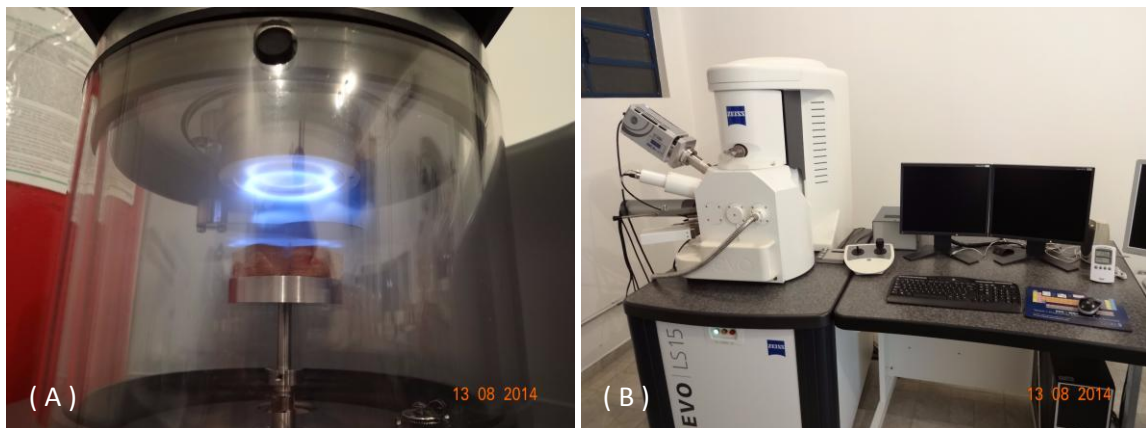


Figura 33. Deposição de ouro por PVD (A) e MEV (B) (Fonte, autor)

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste item é apresentado e discutido os resultados obtidos na comparação das fibras da cana-de-açúcar e eucalipto, do peneiramento realizado utilizando um conjunto de peneiras vibratórias, densidade aparente das fibras, dos ensaios físicos, dos ensaios mecânicos, da análise estatística e das imagens da microscopia eletrônica de varredura. Para os ensaios mecânicos a norma NBR 15316-2 (2009)

apresenta que os resultados devem ser expressos em N/mm^2 e os resultados das análises feitas na máquina universal de ensaios são expressos em MPa. Fazendo-se a conversão de MPa para N/mm^2 , chega-se ao valor de que 1 MPa é igual a 1 N/mm^2 , então os resultados dos ensaios mecânicos podem estar expresso em qualquer uma das unidades descritas acima, pois elas são equivalentes entre si.

5.1. Resultado da comparação das fibras de cana-de-açúcar e eucalipto

Com as imagens feitas em estereoscópio, comprovou-se que as fibras de bagaço de cana-de-açúcar ficaram ligeiramente maiores e mais espessas que as fibras de eucalipto fornecidas pela Duratex. A Figura 34 apresenta uma imagem das fibras de bagaço de cana de açúcar com algumas medidas na espessuras e uma no comprimento da fibra.

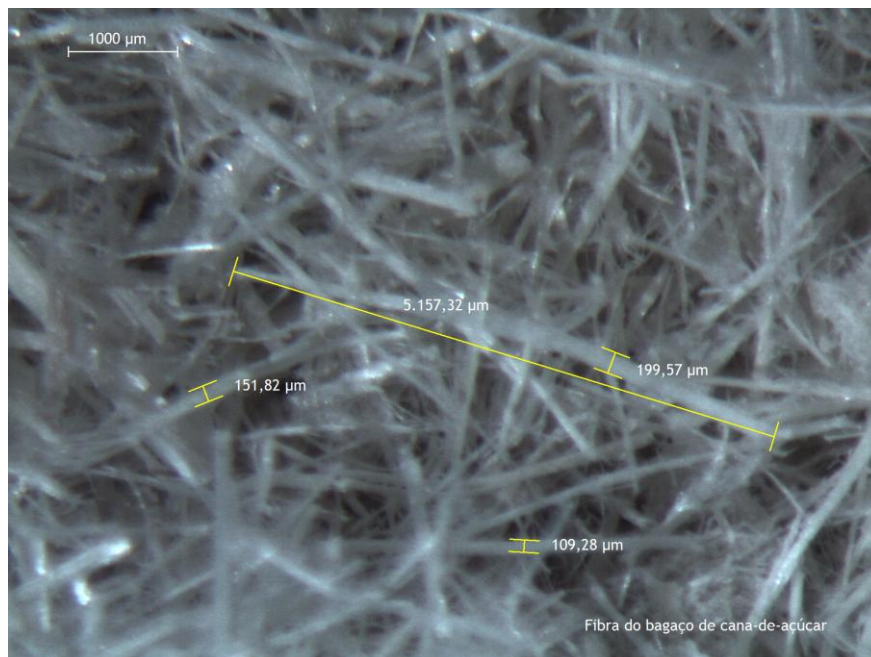


Figura 34. Fibras de cana-de-açúcar (Fonte, autor)

A Figura 35 apresenta as fibras de eucalipto com algumas medidas na espessuras e uma no comprimento da fibra, e quando se compara lado a lado os dois tipos de fibras (Figura 36), fica evidente as diferenças e que tanto o comprimento quanto a espessura das fibras de eucalipto foram menores que as de bagaço cana de açúcar.



Figura 35. Fibras de eucalipto (Fonte, autor)

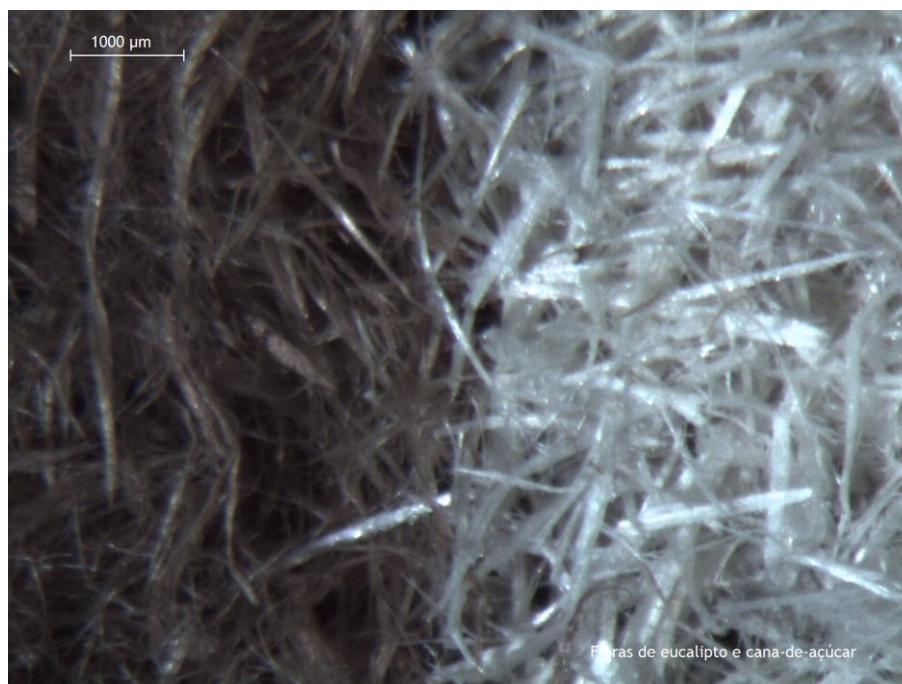


Figura 36. Fibras de eucalipto e cana-de-açúcar (Fonte, autor)

5.2. Resultado do peneiramento

Com a realização do perfil granulométrico, ficou comprovado que a quantidade de fibras de cada material se apresentou próxima em cada uma das peneiras utilizadas e que apesar das fibras de cana-de-açúcar serem ligeiramente maiores e mais grossas que as do eucalipto a proximidade entre elas ainda pode ser

visualizada. Para um melhor entendimento e visualização do experimento realizado, a Tabela 4 e as Figuras 37 e 38 apresentam um panorama dos resultados do teste granulométrico.

Tabela 4. Resultado teste com fibras em peneira vibratória (Fonte, autor)

Amostra Fibra	9		20		35		60		<60	
Cana-de-açúcar	Mesh		Mesh		Mesh		Mesh		Mesh	
Amostra 1 - 30 Gramas (g)	0,35	g	3,18	g	9,02	g	11,12	g	6,33	g
Porcentagem 100%	1,17	%	10,60	%	30,07	%	37,07	%	21,10	%
Amostra 2 - 30 Gramas (g)	0,27	g	5,1	g	10,08	g	9,45	g	5,1	g
Porcentagem 100%	0,90	%	17,00	%	33,60	%	31,50	%	17,00	%
Amostra 3 - 30 Gramas (g)	0,52	g	6,18	g	7,73	g	8,7	g	6,87	g
Porcentagem 100%	1,73	%	20,60	%	25,77	%	29,00	%	22,90	%
Amostra Fibra	9		20		35		60		<60	
Eucalipto	Mesh		Mesh		Mesh		Mesh		Mesh	
Amostra 1 - 30 Gramas (g)	0,44	g	3,7	g	9,49	g	10,23	g	6,14	g
Porcentagem 100%	1,47	%	12,33	%	31,63	%	34,10	%	20,47	%
Amostra 2 - 30 Gramas (g)	0,47	g	4,83	g	8,15	g	9,45	g	7,1	g
Porcentagem 100%	1,57	%	16,10	%	27,17	%	31,50	%	23,67	%
Amostra 3 - 30 Gramas (g)	0,61	g	3,1	g	10,2	g	11,15	g	4,94	g
Porcentagem 100%	2,03	%	10,33	%	34,00	%	37,17	%	16,47	%



Figura 37. Distribuição granulométrica das fibras de cana-de-açúcar (Fonte, autor)



Figura 38. Distribuição granulométrica das fibras de eucalipto (Fonte, autor)

5.3. Densidade aparente das fibras

O resultado verificado no ensaio de densidade aparente das fibras de eucalipto e de cana-de-açúcar demonstrou uma massa bem maior para a fibra de cana-de-açúcar, implicando nos seguintes resultados:

- Densidade aparente das fibras da cana-de-açúcar – 80,04 kg/m³;
- Densidade aparente das fibras de eucalipto – 54,20 kg/m³.

Com este resultado a fibra de cana de açúcar tendo uma densidade maior do que a fibra de eucalipto apresenta um volume menor para uma mesma massa. Desta maneira, na medida em que se acrescentam fibras de cana-de-açúcar no traço de painel, elas ocupam uma área menor quando espalhada em camada fina sobre uma superfície plana. Ao se aplicar a resina, devido esta ser calculada sobre massa total do painel que foi de 1081g, pode-se inferir:

- Quanto mais fibras de cana-de-açúcar, menor o volume que recebera a mesma quantidade de resina;
- Sendo menor o volume, têm-se menos fibras para misturar com a mesma proporção de resina, podendo influenciar os resultados físicos e mecânicos.

5.4. Ensaio de densidade

A densidade constatada em todos os traços analisados ficou dentro do que estabelece a norma NBR 15316-2 (2009), cujo intervalo é de 651 a 800 kg/m³. O painel T1 apresentou resultado com pouca variação, com média próxima a 700 kg/m³, que foi a densidade alvo desta pesquisa, seguido pelo painel T4 com densidade média próxima de 720kg/m³ e os demais traços com resultados de médias próximas a 740kg/m³. A Figura 39 apresenta o gráfico da densidade dos painéis MDF, indicando o desvio padrão apresentado.

Comparando-se este trabalho, com Bellini (2012) que desenvolveu em laboratório 10 painéis com 5 tratamentos diferentes com 14% de resina ureia formaldeído (UF) variando de 0 a 100% a quantidade de fibras de eucalipto e bagaço de cana-de-açúcar e encontrou uma densidade inferior a 700 kg/m³ em seu painel fabricado com 100% de partículas de cana-de-açúcar, sendo este classificado como MDF “*Light*”, afetando diretamente as propriedades mecânicas. Marinho (2012), trabalhando com MDF de bambu da espécie *Dendrocalamus giganteus* utilizando 10% de teor de resina ureia formaldeído (UF), relata em seu trabalho que

nos quatro traços desenvolvidos em laboratório variando o tempo de cozimento e a temperatura de cozimento do bambu para produção das fibras apenas dois tiveram resultados médios que se enquadraram dentro da referida norma (763 a 783 kg/m³) porem estes valores foram maiores que os encontrados nesta pesquisa.

Analisando a pesquisa de Eleotério (2000), onde ele fabricou dez painéis com de teor 10% de resina ureia formaldeído (UF) e densidades variando entre 600 a 800 kg/m³, e com mistura sem controle de fibras de *Pinus oocarpa* e *Pinus caribaea var hondurensis* foi constatado que os painéis fabricados apresentaram densidades menores que as planejadas (577 a 750 kg/m³), diferindo desta pesquisa, onde ocorreu valores maiores porem próximos do valor da densidade alvo. Eleotério (2000) justifica essa ocorrência devido ao espalhamento das fibras ocorrido durante a prensagem, ficando com uma área maior que a planejada e também devido ao inchamento em espessura do painel em alguns décimos de milímetros após o alívio da pressão, ocorrendo um volume maior do que o inicialmente planejado para uma mesma massa de material. Nesta pesquisa para resolver o problema do espalhamento foi desenvolvido o quadro metálico evitando o espalhamento do material e também não foi constatado inchamento do painel após a prensagem do colchão de fibras.

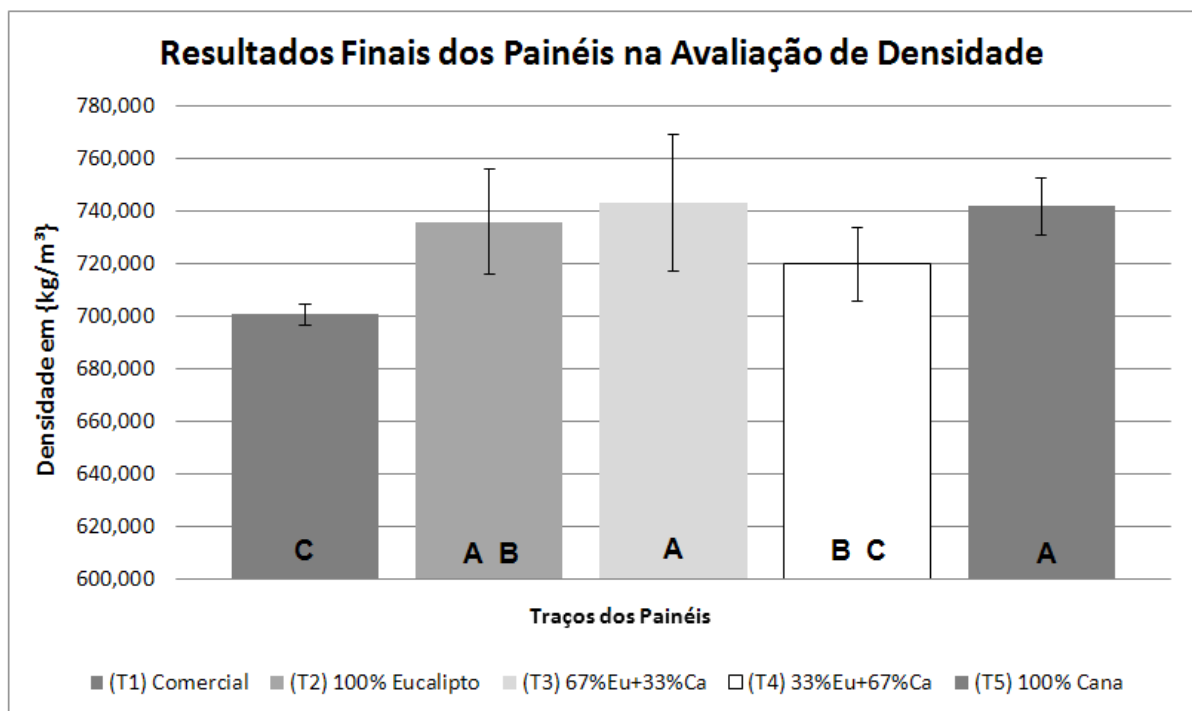


Figura 39. Resultados das médias da densidade (Fonte, autor)

Na avaliação estatística observou-se que existem diferenças significativas entre os traços de painéis produzidos (valor-p é 0,0000 e valor F-13,89). O teste de Tukey apresentou grupos diferentes significativamente, sendo o T3, T5 e T2 equivalentes, pertencentes ao grupo A. T2 e T4 são iguais estatisticamente e pertencem ao grupo B e o T4 e T1 pertencem ao grupo C e também são

equivalentes estatisticamente. O modelo empregado é explicado por 50,26% dos dados.

5.5. Ensaio de inchamento em espessura 2h e 24h

Para o resultado de inchamento em espessura de 2h ficou claro que o traço T2 ganhou rapidamente água, elevando assim, sua espessura média para 36,5% do valor inicial antes da imersão, seguido pelo traço T3 e T4. Também foi observado que o traço T5, composto por 100% de fibra de cana-de-açúcar teve o melhor desempenho entre os traços desenvolvidos em laboratório, porém a sua espessura ainda foi muito maior que o traço T1, material comercial. Para este ensaio a norma NBR 15316-2 (2009) não faz menção sobre valores mínimos e nem máximos. A Figura 40 mostra a disparidade de valores entre os traços.

No ensaio de inchamento em espessura de 2h, Marinho (2012) encontrou em seus traços produzidos com bambu valores médios entre 4,87 a 6,53% de aumento após imersão em água. Estes valores demonstram um percentual muito inferior em inchamento no período de 2h se comparado com esta pesquisa sendo seu pior resultado com 6,53% de inchamento apenas pouco pior ao melhor resultado dos painéis fabricados nesta pesquisa (5,88%).

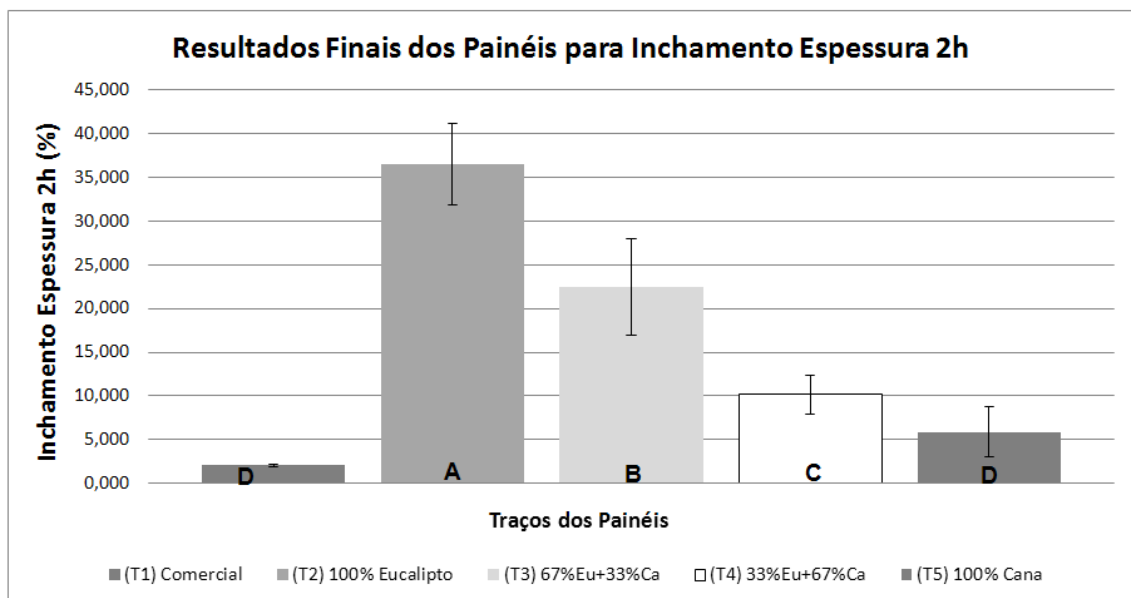


Figura 40. Resultados inchamento espessura 2h (Fonte, autor)

Estatisticamente observou-se e foi caracterizado que existem diferenças significativas entre os traços de painéis produzidos (valor $p=0,00000$ e valor $F=182,32$). O teste de Tukey apresentou os seguintes grupos, T1 e T5 equivalentes e pertencendo ao grupo D, T2 pertence ao grupo A, T3 ao grupo B e T4 pertencendo ao grupo C. O modelo empregado é explicado por 92,99% dos dados.

No inchamento em espessura pelo período de 24h a NBR 15316-2 (2009) estabelece que a porcentagem de inchamento em espessura não pode ultrapassar 12% de aumento sobre a espessura inicial, sendo que apenas o traço T1 alcançou resultado inferior a este percentual. Diferente do efeito observado no inchamento em espessura 2h o traço T2 se estabilizou tendo seu valor médio alterado de 36,5% para 47,8% de aumento na sua espessura em 24h sendo seguido de um valor próximo pelo traço T3 e T4. Proporcionalmente o traço T5 continuou tendo o melhor desempenho neste ensaio sendo inferior apenas ao traço T1. Nota-se pelos resultados obtidos que quanto mais fibras de cana-de-açúcar foram colocadas no traço, melhor foi seu desempenho dando indícios que esta nova fibra, pode vir a ser um ótimo material para a fabricação de MDF.

Nos ensaios de inchamento em espessura 24h realizados por Bellini (2012), os resultados médios foram diferentes estatisticamente para os painéis com 100% de partículas de bagaço de cana-de-açúcar com o pior resultado no painel com 25% de partículas de bagaço de cana-de-açúcar cujo valor médio foi de 13,4% ficando acima do recomendado pela referida norma, mas ainda com melhores que o resultado alcançado pelo traço T5.

No trabalho de Eleotério (2000), foi apresentado os valores médios variando de 9,94% para densidade de 750 kg/m³ até 17,63% com densidade de 550 kg/m³, ele também chama a atenção que conforme aumenta a densidade diminui o inchamento em espessura, pois a resina é aumentada de acordo com a massa do painel ou quanto maior a densidade mais resina é utilizada. Também fica evidente que mesmo o painel com densidade de 550 kg/m³ feito por Eleotério (2000), painel que obteve o pior resultado foi melhor que o traço T5 fabricado em laboratório por este autor.

Na avaliação de inchamento 24h, Marinho (2012), apresenta os valores encontrados em seus traços fabricados, e informa que apenas o traço T4 esteve dentro dos critérios aceitáveis da relatada norma e que os valores médios encontrados ficaram entre 11,38 a 21,74% e comparativamente seu pior resultado ficou muito parecido com o traço T5 desta pesquisa que obteve 21,7% de média. A Figura 41 mostra o comportamento de cada traço de material.

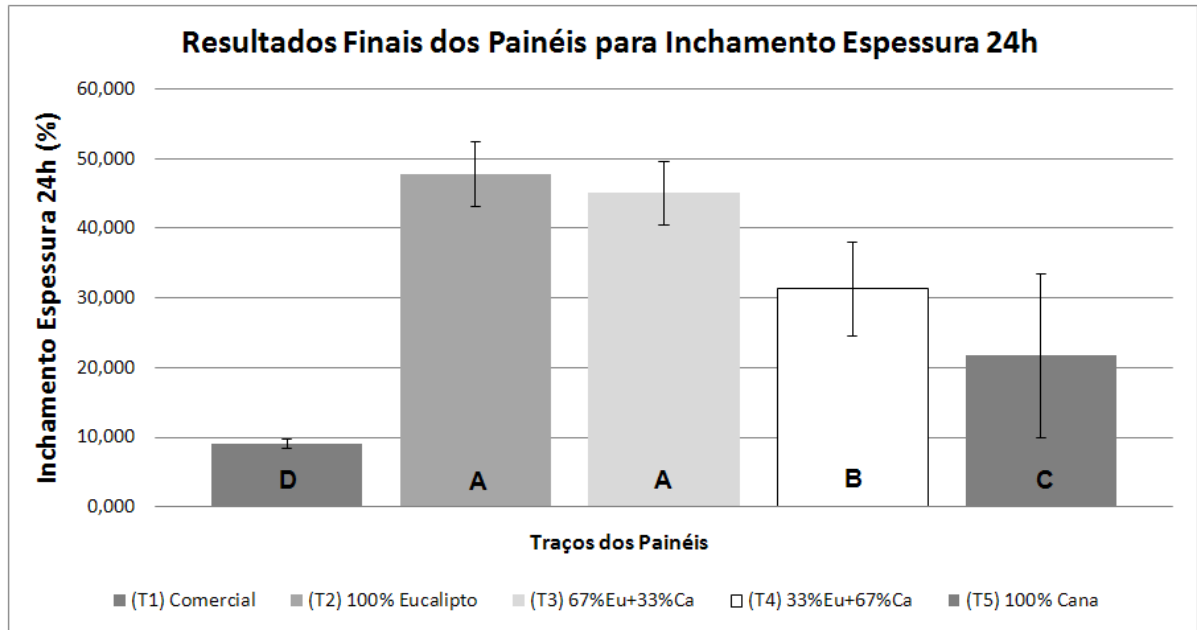


Figura 41. Resultados inchamento espessura 24h (Fonte, autor)

Para a análise estatística o valor-p também ficou em 0,0000 indicando que neste ensaio também existiram diferenças significativas entre os traços de painéis produzidos e o valor F com 69,31. Aplicando-se o teste de Tukey as diferenças encontradas foram: T2 e T3 que são iguais estatisticamente e pertencentes ao grupo A, o traço T4 ao grupo B; o traço T5 ao grupo C e o traço T1 ao grupo D. O modelo empregado é explicado por 83,45% dos dados.

5.6. Ensaio de absorção de água 2h e 24h

Tendo sido realizado o ensaio de absorção de água em 2h, observou-se que resultados em todos os traços ficou semelhante ao ensaio de inchamento em espessura de 2h, pois os dois ensaios foram feitos utilizando-se o mesmo corpo-de-prova e feitos ao mesmo tempo. No ensaio de absorção de 2h o traço T1 teve um ganho de massa médio de 10,4% acima da massa inicial novamente seguido pelo traço T5 que ganhou 10,7% de massa, enquanto o traço T2 disparou obtendo um enorme ganho de massa chegando a mais de 96% de aumento, o traço T3 também teve um aumento considerável de massa seguido pelo traço T4, este ultimo obteve um valor um pouco acima do traço T5 que alcançou 10,7% de absorção em 2h .

Para este ensaio a norma ABNT NBR 15316-2 (2009) não faz nenhuma citação de valor. Marinho (2012) analisou a diversidade de seus traços e notou uma pequena diferença nos resultados a para absorção em 2h onde as médias ficaram entre 4,57 e 5,53%, nota-se que assim como neste trabalho os resultados de Marinho (2012) se mantiveram semelhantes para o inchamento em espessura 2h e

absorção 2h e que assim como aconteceu no inchamento em espessura seu menor resultado para este ensaio de absorção foi melhor que o alcançado pelo traço T5 desta pesquisa. A Figura 42 mostra a parte comportamental do ensaio.

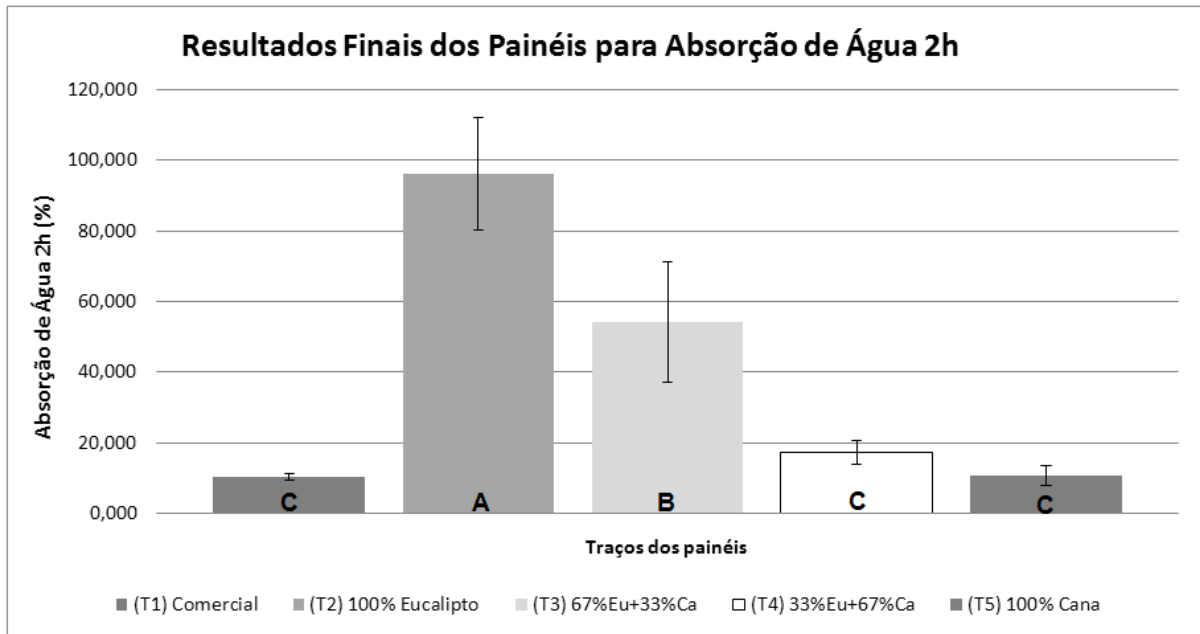


Figura 42. Resultados absorção de água 2h (Fonte, autor)

Na parte estatística este ensaio revelou uma surpresa agradável pois mesmo tendo diferenças significativas entre os traços de painéis produzidos (valor $p=0,00000$ e valor $F=148,66$) e tendo a necessidade de se fazer o teste de Tukey as diferenças significativas foram menores pois três dos cinco traços ficaram num mesmo grupamento evidenciando a proximidade de valores que estes traços obtiveram, sendo que : T1, T4 e T5 pertencentes ao grupo C enquanto o traço T2 pertencendo ao grupo A e T3 ao grupo B. O modelo empregado é explicado por 91,53% dos dados.

Para o ensaio de absorção de água de 24h de exposição, o traço T1 se manteve em ascensão chegando a um valor médio próximo a 124%, o que significa que sua massa inicial mais do que dobrou depois de 24 horas de ensaio dentro da água, sendo que o valor elevado não foi apenas obtido com o traço T1 mas também com o traço T3 que chegou a um valor médio próximo. No traço T4 se iniciou uma queda considerável e tendo seu valor médio baixo e quase igualado nos traços T1 e T5 que obtiveram valores médios próximos com 32,6% e 39,5% de ganho de massa. Para este ensaio a NBR 15316-2 (2009) também não tem valor de referencia.

OS valores médios para absorção de água 24h obtidos por Eleotério (2000) ficaram entre 20,53% para densidade de 750 kg/m^3 e 40,05% para densidade de 550 kg/m^3 com comportamento semelhante ao inchamento em espessura 24h, já Marinho (2012) obteve a maior média com o traço T1 alcançando 28% de absorção e seu menor valor médio foi obtido com o traço T4 com 14,91% de absorção de água 24h. No trabalho de Bellini (2012a) os resultados também se mantiveram

semelhantes entre a absorção de água 24h e inchamento em espessura 24h, pois o seu pior resultado foi com o traço 25% partículas de bagaço de cana-de-açúcar com valor médio de 64% de absorção acima do valor inicial. Com estes resultados fica comprovado que os trabalhos de Eleotério (2000), seu traço com 550 kg/m³ obteve resultado muito semelhante ao traço T5 desta pesquisa e Marinho (2012) teve resultado superior em qualidade para este ensaio que o melhor resultado de traço feito em laboratório nesta presente pesquisa, cujo traço é o T5 com 39,55% de absorção em 24h, já na pesquisa de Bellini (2012a) o traço T5 ficou com resultado muito melhor que seu pior resultado que chegou a 64% de absorção. Na Figura 43 nota-se o valor acentuado do traço T1 perante T1 e T5.

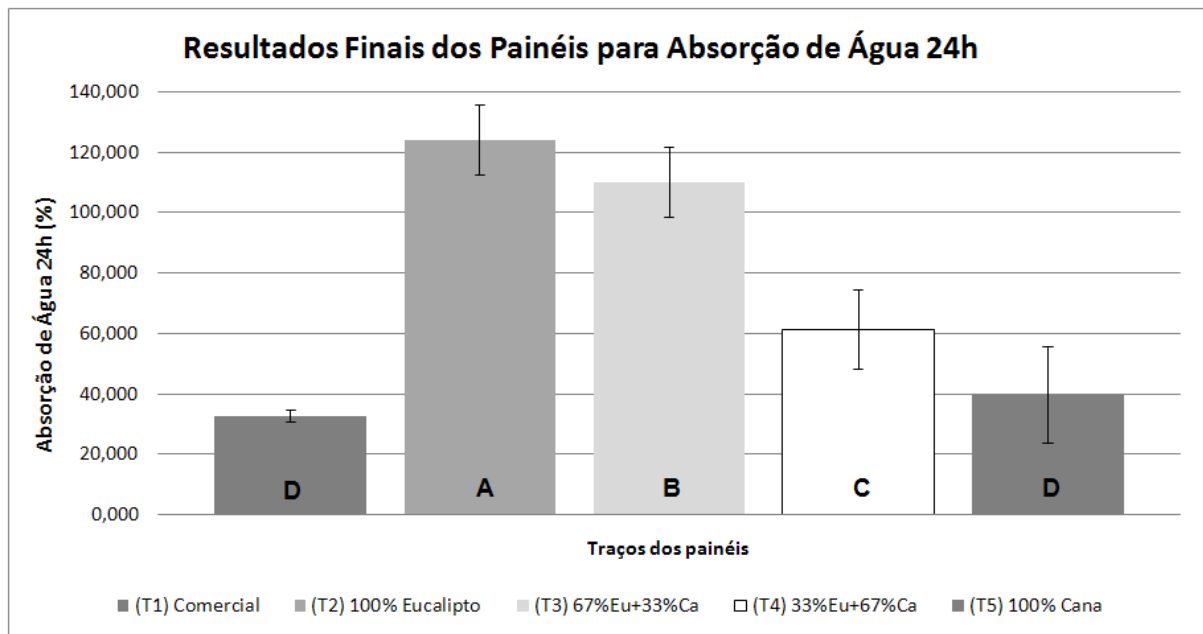


Figura 43. Resultados absorção de água 24h (Fonte, autor)

Para este ensaio, a análise estatística teve diferenças significativas (valor p-0,00000 e valor F-145,51) e aplicando-se o teste de Tukey ficou provado que ao longo das 24h de duração do ensaio, o resultado que havia sido satisfatório para o período de absorção de 2h não se confirmou no ensaio de 24h pois obteve-se apenas um resultado pertencente a um mesmo grupo e os grupos encontrados foram: T1 e T5 ficaram no grupo D, T2 ficou com o grupo A, T3 ficou pertencendo ao grupo B e o traço T4 ficou no grupo C. Em seus traços Bellini (2012) não encontrou nenhuma alteração estatística significativa no ensaio de absorção de água em 24h. O modelo empregado é explicado com 91,37% dos dados.

5.7. Ensaio de teor de Umidade

Para o ensaio de teor de umidade, foi obtido um resultado estável entre todos os traços fabricados em laboratório, com diferença mínima entre eles. Para o traço T1 o resultado obtido foi o mais elevado chegando a um valor médio de 7,38%

de umidade, os traços feitos em laboratório obtiveram valores médios que foram de 5,48% para o traço T2 até 5,95% para o traço T3. Para este ensaio a NBR 15316-2 (2009) cita que o valor mínimo do teor de umidade deve ser de 4% e o valor máximo de 11%.

No ensaio de teor de umidade de Bellini (2012a), ele obteve resultados com valores médios entre 6,7 e 7,6% de umidade, portanto bem parecidos com os valores desta pesquisa, enquanto Marinho (2012) obteve em seu experimento valores entre 3,38 e 4,33% de umidade nos painéis, valores bem baixos, pois o seu máximo foi muito inferior ao mínimo constatado neste trabalho e, além disto, alguns de seus valores não se enquadraram na norma NBR 15316-2 (2009). Na Figura 44 é mostrado o comportamento dos painéis no ensaio de teor de umidade.

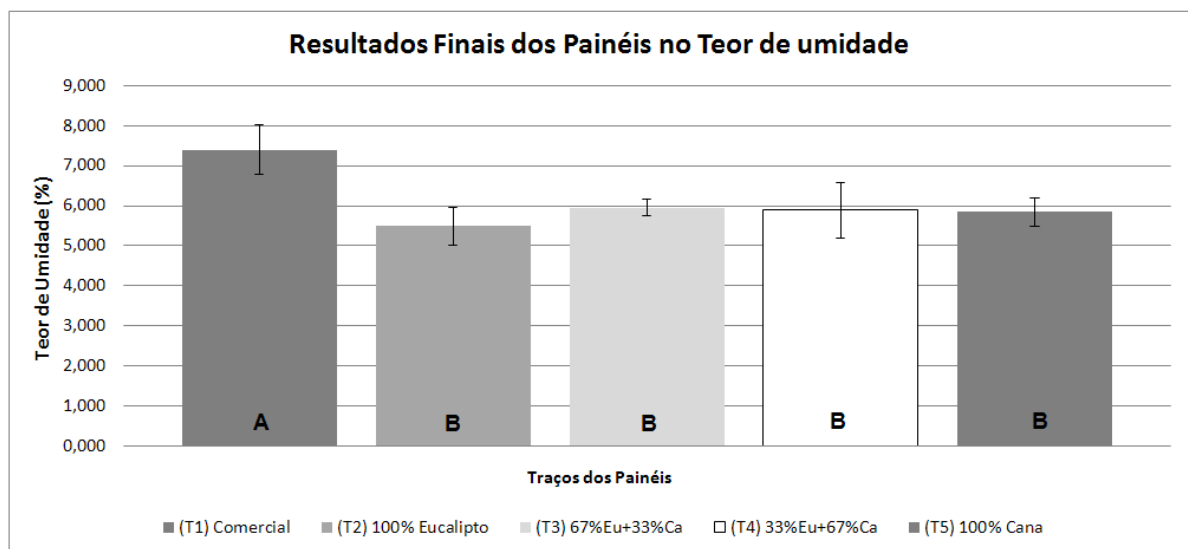


Figura 44. Resultados teor de umidade (Fonte, autor)

Na análise estatística observou-se que existem diferenças significativas entre os traços de painéis produzidos (valor-p é 0,0000 e valor F-26,03). O teste de Tukey apresentou apenas 2 grupos diferentes significativamente, sendo o T1, o grupo A e T2, T3, T4 e T5 que pertencem ao grupo B e são equivalentes estatisticamente. O modelo empregado é explicado por 65,44% dos dados.

5.8. Ensaio resistência à Flexão (módulo de elasticidade e módulo de ruptura)

No ensaio de módulo de elasticidade foi constatado que houve diferença discreta entre os traços fabricados em laboratório sendo que as médias permanecem muito próximas. O traço T1 teve o melhor resultado chegando a 3460 N/mm² e entre os traços fabricados em laboratório o traço T5 obteve o melhor resultado chegando a 2741 N/mm². Neste ensaio a NBR 15316-2 (2009) orienta que o mínimo para se enquadrar na norma deve ser de 2200 N/mm², assim ficou constatado que todos os traços estão acima do mínimo recomendado e, portanto atendem a referida norma.

Diferente do trabalho de Bellini (2012a), onde ele verificou que o MOE para os painéis com 100% de partículas de bagaço de cana-de-açúcar não se enquadraram em norma e que com o acrescentar de partículas de bagaço de cana-de-açúcar em seu estudo foi diminuindo a resistência do painel, este trabalho constatou que o resultado foi justamente o contrario, quanto mais se acrescentou fibras de cana-de-açúcar ao traço, melhor foi o resultado, chegando ao máximo com o traço T5.

No trabalho desenvolvido por Marinho (2012) o MOE com melhor desempenho médio foi obtido no traço T3 com 1297 N/mm² e seu pior resultado médio foi obtido com o traço T2 com 877 N/mm², bem abaixo dos valores deste trabalho onde o menor resultado foi de 2426 N/mm² atingido pelo traço T2, já no ensaio de Módulo de Elasticidade (MOE) de Eleotério (2000) os valores atingiram resultados maiores e também menores que os resultados desta pesquisa, pois em seu trabalho ele fez variações de densidade e seu melhor resultado médio foi obtido no painel com 750 kg/m³ com 3260 N/mm² e o pior resultado médio foi obtido no painel com 550 kg/m³ com 1990 N/mm² e ele ainda comenta que a alteração tanto da densidade média quanto do teor de resina indicam uma atuação significativa destes dois componentes sobre o módulo de elasticidade. Na Figura 45 nota-se a semelhança entre os traços fabricados em laboratório.

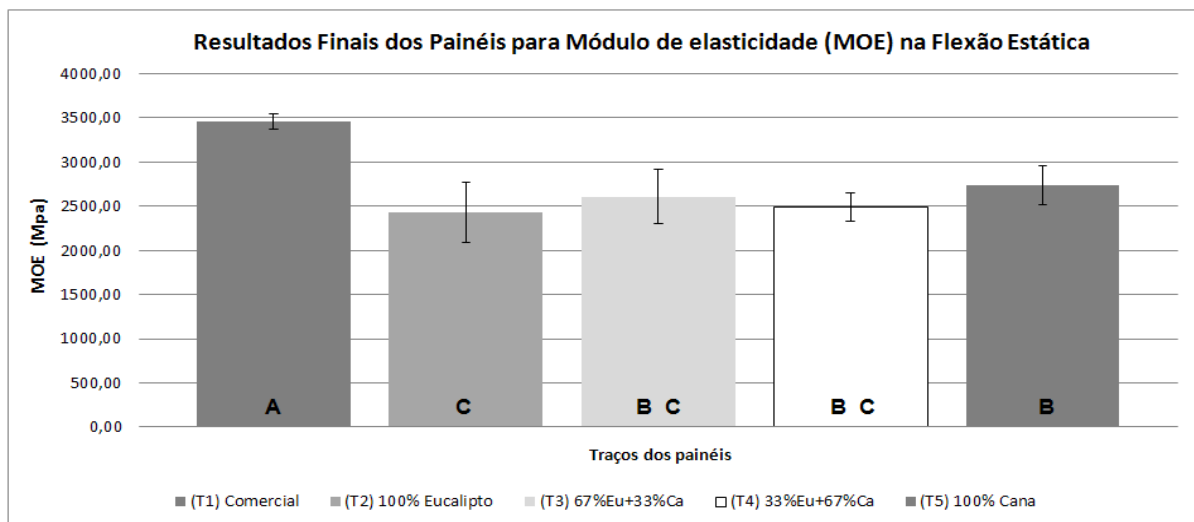


Figura 45. Resultado do módulo de elasticidade (Fonte, autor)

No ensaio de módulo de elasticidade houve diferenças significativas entre os traços tendo a necessidade de se aplicar o teste de Tukey (valor $p=0,00000$ e valor $F=35,95$). No teste de Tukey se obteve dois grupos bem interagidos entre si, pois os traços T3 e T4 pertencem ao grupo B e C, o traço T5 ficou no grupo B, o traço T2 no grupo C e isolado o traço T1 ficou no grupo A constatando que o resultado obtido em sua análise foi muito maior que o dos outros traços feitos em laboratório. O modelo empregado é explicado por 72,34% dos dados.

Para o módulo de ruptura a NBR 15316-2 (2009) relata que o mínimo desejável é de 20 N/mm² e para este ensaio apenas o traço T1 alcançou este valor, e dentre os traços fabricados em laboratório o traço T5 foi o que melhor resultado obteve 13,58 N/mm² sendo o menor resultado obtido foi no traço T2, com 9,79 N/mm². Para o de Módulo de Ruptura (MOR) de Eleotério (2000), seu melhor resultado médio foi obtido no painel com 750 kg/m³ com 27,56 N/mm² e o menor resultado médio foi obtido no painel com 550 kg/m³ com 16,94 N/mm² e assim como acontece com o módulo de elasticidade ele comenta também que a alteração tanto da densidade média quanto do teor de resina indica uma atuação significativa destes dois componentes sobre o módulo de ruptura.

Assim como aconteceu no módulo de elasticidade, Bellini (2012) identificou que os painéis com 100% de partículas de bagaço de cana-de-açúcar não se enquadraram na norma, com o resultado médio de 14,3 N/mm² e que com o acrescentar de partículas de bagaço de cana-de-açúcar foi diminuindo a resistência no módulo de ruptura do painel. Assim também como já visto anteriormente neste presente trabalho o resultado foi o oposto, com o aumento de fibras de cana-de-açúcar o módulo de ruptura teve uma pequena melhora até o seu máximo no traço T5 para os painéis feitos em laboratório, já Marinho (2012) obteve o melhor desempenho do valor médio de MOR com o traço T4, alcançando 11,10 N/mm² com o menor resultado médio obtido com o traço T2, com 8,94 N/mm². Na Figura 46 é apresentada os valores obtidos neste ensaio.

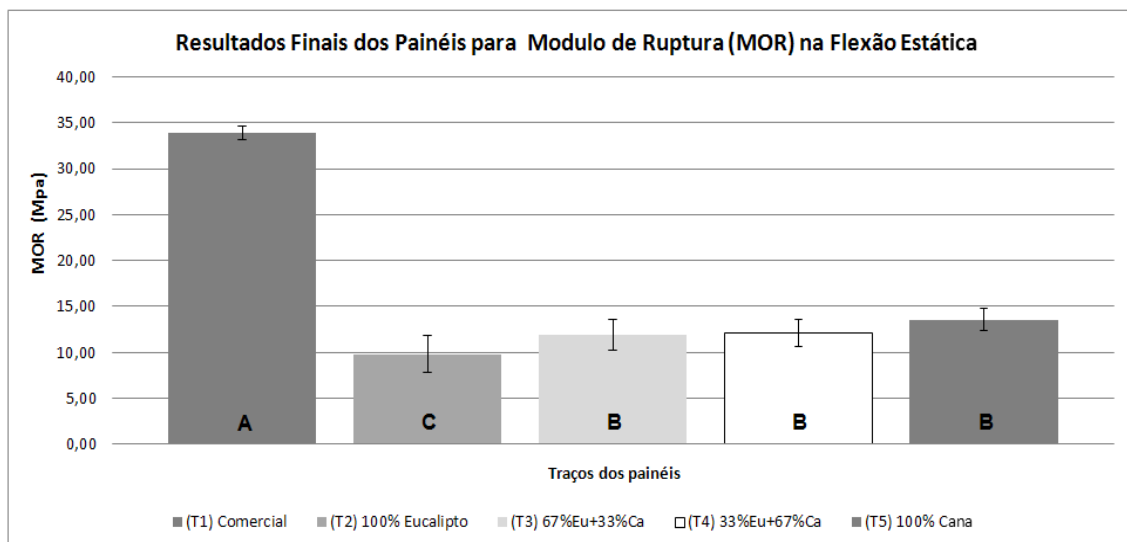


Figura 46. Resultado do módulo de ruptura (Fonte, autor)

O valor-p para este ensaio também foi 0,0000, logo existiu uma diferença significativa entre os traços de painéis (valor F-531,56). No resultado do teste de Tukey foram encontrados três grupos, A, B e C sendo que o grupo A contém o traço T1, o grupo B contém os traços T3, T4 e T5 e o grupo C ficou com o traço T2, nota-se que no gráfico os traços T3, T4 e T5 obtiveram valores próximos entre eles

levando-os a ficarem no mesmo grupo. O modelo empregado é explicado por 97,48% dos dados.

5.9. Ensaio de tração perpendicular

No ensaio de tração perpendicular, Bellini (2012) encontrou seu melhor resultado no traço com 50% partículas de bagaço de cana-de-açúcar e 50% fibras de eucalipto com 0,80 N/mm², observando também grande variação dos resultados com a adição desta partícula. Eleotério (2000) obteve seu melhor resultado médio no painel com 750 kg/m³ com 0,39 N/mm² e o pior resultado médio foi obtido no painel com 600 kg/m³ com 0,29 N/mm². Marinho (2012) também obteve valores baixos de tração perpendicular, variando entre 0,10 a 0,26 N/mm², sendo estes resultados inferiores ao mínimo recomendado pela NBR 15316 (2009), de 0,55 N/mm².

Neste ensaio os traços fabricados em laboratório não sofreram variação significativa, porem os resultados obtidos não atingiram o mínimo exigido pela NBR 15316-2 (2009) que é de 0,55 N/mm². O traço T5 foi o que apresentou melhor resultado, com média de, 0,163 N/mm². O traço T1 foi o único que atingiu o mínimo exigido por norma, porem por ser um material desenvolvido em indústria e linha de produção contínua era de se esperar que atingiria o valor mínimo. Na Figura 47 é mostrada os valores obtidos neste ensaio.

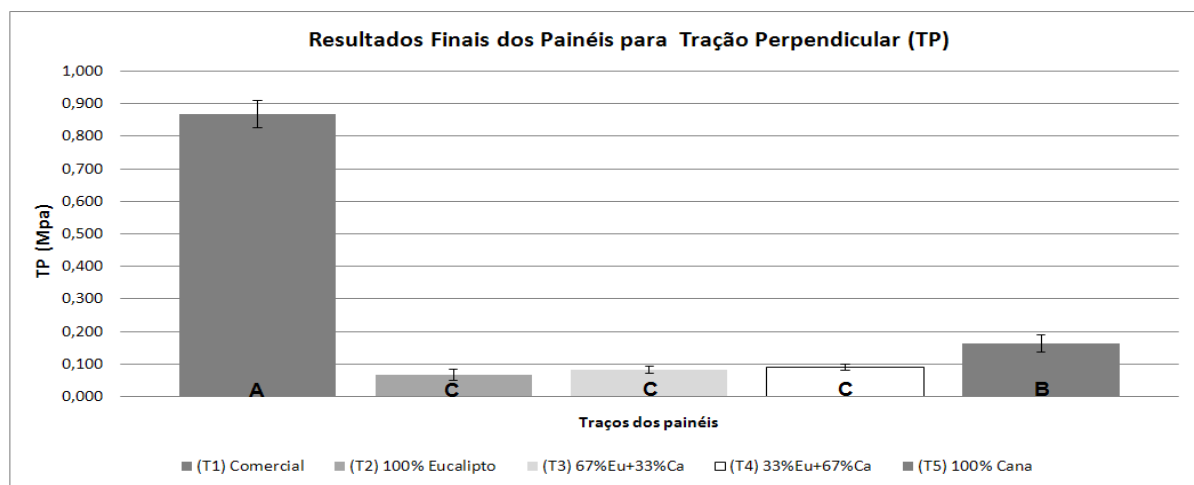


Figura 47. Resultado tração perpendicular (Fonte, autor)

Na análise estatística, observou-se que existem diferenças significativas entre os traços de painéis produzidos (valor-p é 0,0000 e valor F-1778,99). O teste de Tukey apresentou grupos diferentes significativamente, sendo o T2, T3 e T4 equivalentes ou grupo C, T1 pertencem ao grupo A e o T5 pertencem ao grupo B e também são equivalentes estatisticamente. O modelo empregado é explicado por 99,23% dos dados.

A tabela 5 contém todos os resultados dos ensaios físicos e mecânicos assim como as médias, máximas, mínimas, desvio padrão, coeficiente de variância e as letras do teste de Tukey com confiabilidade de 95%.

Tabela 5. Resultados gerais para os ensaios físicos e mecânicos (Fonte, autor)

VARIÁVEIS	T1	T2	T3	T4	T5	NBR 15316-2 (2009)
Densidade kg/m ³	700,508 C (707,517 - 695,384) (3,738) (13,976)	735,836 AB (775,447 - 706,742) (19,822) (392,950)	743,115 A (774,278 - 690,228) (26,069) (679,619)	719,792 BC (735,103 - 691,155) (13,937) (194,249)	741,652 A (755,508 - 714,847) (11,046) (122,030)	Intervalo de 651 ATÉ 800 kg/m ³
inchamento espessura 2h %	2,095 D (2,373 - 1,880) (0,168) (0,028)	36,473 A (44,966 - 31,146) (4,640) (21,529)	22,421 B (30,932 - 14,390) (5,513) (30,402)	10,175 C (13,603 - 6,403) (2,196) (4,824)	5,885 D (10,976 - 3,175) (2,839) (8,065)	----- -----
inchamento espessura 24h %	9,012 D (11,183 - 8,585) (0,708) (0,501)	47,820 A (59,405 - 41,860) (4,638) (21,520)	45,0125 A (53,376 - 38,675) (4,603) (21,189)	31,263 B (41,619 - 22,075) (6,771) (45,859)	21,710 C (44,506 - 9,703) (11,745) (137,963)	Máximo 12%
Absorção de água 2h %	10,426 C (11,981 - 9,302) (0,830) (0,690)	96,188 A (131,840 - 72,602) (16,022) (256,728)	54,173 B (84,112 - 30,172) (16,930) (286,651)	17,282 C (23,611 - 12,658) (3,235) (10,466)	10,700 C (17,937 - 8,571) (2,947) (8,686)	----- -----
Absorção de água 24h %	32,640 D (37,209 - 29,953) (1,954) (3,818)	123,896 A (148,258 - 109,322) (11,638) (135,449)	109,896 B (132,242 - 89,224) (11,683) (136,510)	61,190 C (82,870 - 42,731) (13,205) (174,388)	39,550 D (78,026 - 23,605) (15,960) (254,732)	----- -----
Teor de umidade %	7,389 A (8,081 - 5,911) (0,620) (0,384)	5,487 B (6,011 - 4,523) (0,471) (0,221)	5,953 B (6,335 - 5,607) (0,202) (0,040)	5,886 B (7,009 - 4,147) (0,692) (0,478)	5,840 B (6,452 - 5,333) (0,354) (0,125)	Mínimo 4% Máximo 11%
Módulo de elasticidade (MOE) N/mm ²	3460 A (3619 - 3337) (91,620) (8393,739)	2426 C (2991 - 1961) (340,000) (115605,166)	2610 BC (3008 - 2004) (306,800) (94111,339)	2492 BC (2748 - 2218) (155,700) (24247,084)	2741 B (3039 - 2291) (219,000) (47959,254)	Mínimo 2200 N/mm ²
Módulo de ruptura (MOR) N/mm ²	33,930 A (35,670 - 33,140) (0,770) (0,589)	9,790 C (13,260 - 7,370) (2,000) (3,994)	11,940 B (14,910 - 9,460) (1,710) (2,922)	12,150 B (14,670 - 10,310) (1,500) (2,250)	13,580 B (14,930 - 10,630) (1,200) (1,445)	Mínimo 20 N/mm ²
Tração perpendicular N/mm ²	0,868 A (0,934 - 0,783) (0,042) (0,00185)	0,067 C (0,093 - 0,042) (0,016) (0,00111)	0,083 C (0,100 - 0,070) (0,011) (0,00013)	0,090 C (0,121 - 0,072) (0,010) (0,00017)	0,163 B (0,210 - 0,107) (0,027) (0,00071)	Mínimo 0,55 N/mm ²

Valores médios seguidos de (máxima - mínima), linha de abaixo (desvio padrão) (coeficiente de variação); médias seguidas de letras, teste de Tukey dentro de um nível de confiança de 95%.

5.10. Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

Neste item está sendo apresentados os resultados da microscopia eletrônica de varredura (MEV), análise de face (topo) e da parte usinada do painel utilizando-se de um zoom de 100X.

5.10.1. Microscopia Eletrônica de Varredura, análise da face

No ensaio de microscopia eletrônica (MEV) de face o traço T1 (Figura 48) obteve um ótimo resultado, pois por ser um material comercial ele passou por um processo industrial de acabamento com lixamento, onde nota-se os riscos dos grãos da lixa (letra A) tendo a sua superfície com pouca irregularidade comparando com os traços fabricados em laboratório evidenciando que o espalhamento e mistura da resina com as fibras, tempo de prensagem e temperatura foram coerentes e isto também é acusado pelos ensaios físicos e mecânicos onde este traço se mostrou melhor em todos os resultados.

No ensaio de topo do traço T2 (Figura 49) o acabamento superficial é ruim com muitos espaços sem preenchimento (letra A), isto pode ser justificado pela falta de fibras menores para preencher estes espaços ou pela má qualidade da mistura de fibras com adesivo, pois estas mesmas parecem estar se desagregando do painel por não terem sua colagem perfeita (letra B), ele também tem ponto de concentração de adesivo mostrando que o espalhamento de adesivo no colchão de fibras foi mais irregular comparado com o traço T1 (letra C).

Para o traço T3 (Figura 50) também foi constatado concentração de adesivo relatando mais uma vez que o processo de encolagem das fibras não teve tanta eficiência quanto o do processo industrial (letra A) e nota-se já o entrelaçamento das fibras de cana-de-açúcar, fibras maiores com as de eucalipto, fibras menores e um acabamento ligeiramente melhor ocasionado pelo entrelaçamento de fibras e também a deformação plástica das fibras de cana-de-açúcar (letra B).

Com o traço T4 (Figura 51) é notada uma qualidade ainda melhor no acabamento superficial ocasionada pela boa correlação entre a quantidade de fibras grandes da cana-de-açúcar e das fibras menores de eucalipto, observa-se também a grande deformação nas fibras maiores de cana-de-açúcar (letra A) demonstrando que houve uma boa compactação do bolo de fibras e pontos de concentração de adesivo (letra B).

No ensaio do traço T5 (Figura 52) a quantidade de pontos de concentração de adesivo (letra A) é grande confirmando definitivamente que em comparação com a encolagem industrial o processo de encolagem em laboratório é ligeiramente

inferior, porém a qualidade do acabamento superficial ficou adequado perante aos outros traços fabricados em laboratório. Há também uma grande deformação plástica das fibras de cana-de-açúcar (letra B). Outro fato que chama a atenção é a quantidade de espaços em vazio bem menor que no traço T2 evidenciando que apesar de maiores as fibras de cana-de-açúcar ao se deformarem elas acabam se espalhando e ajudando a fechar estes espaços e ocasionam um aspecto mais bem acabado ao painel.

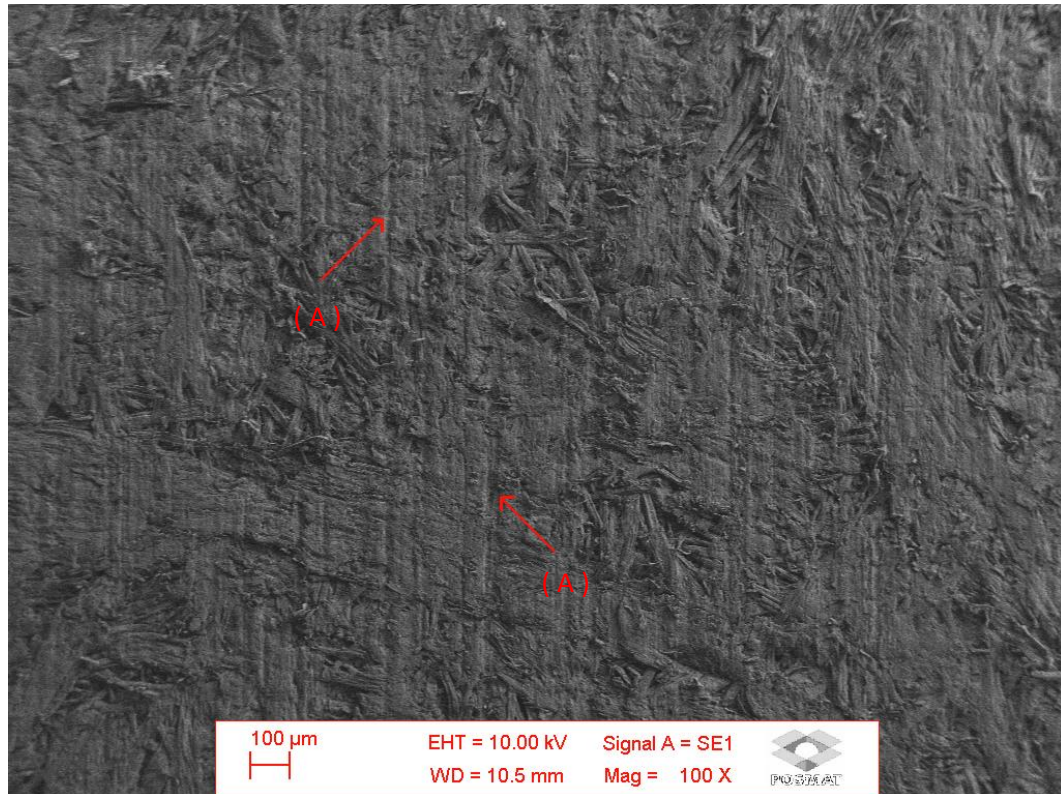


Figura 48. Traço T1 microscopia topo (Fonte, autor)

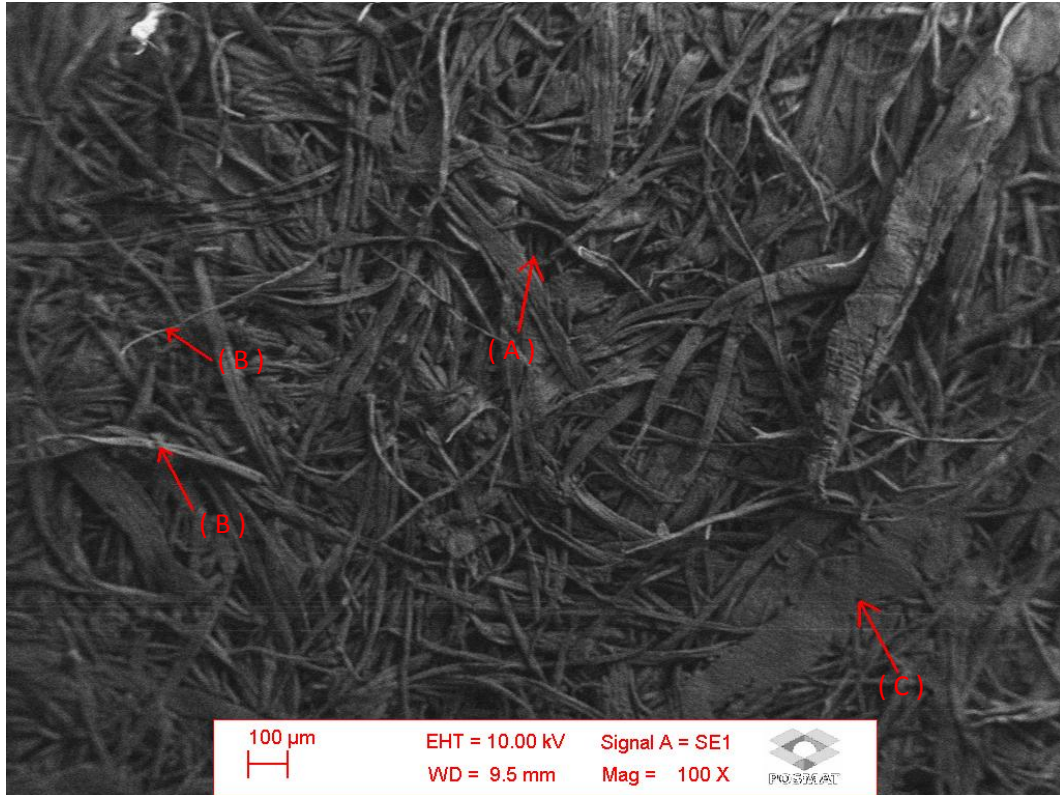


Figura 49. Traço T2 microscopia topo (Fonte, autor)

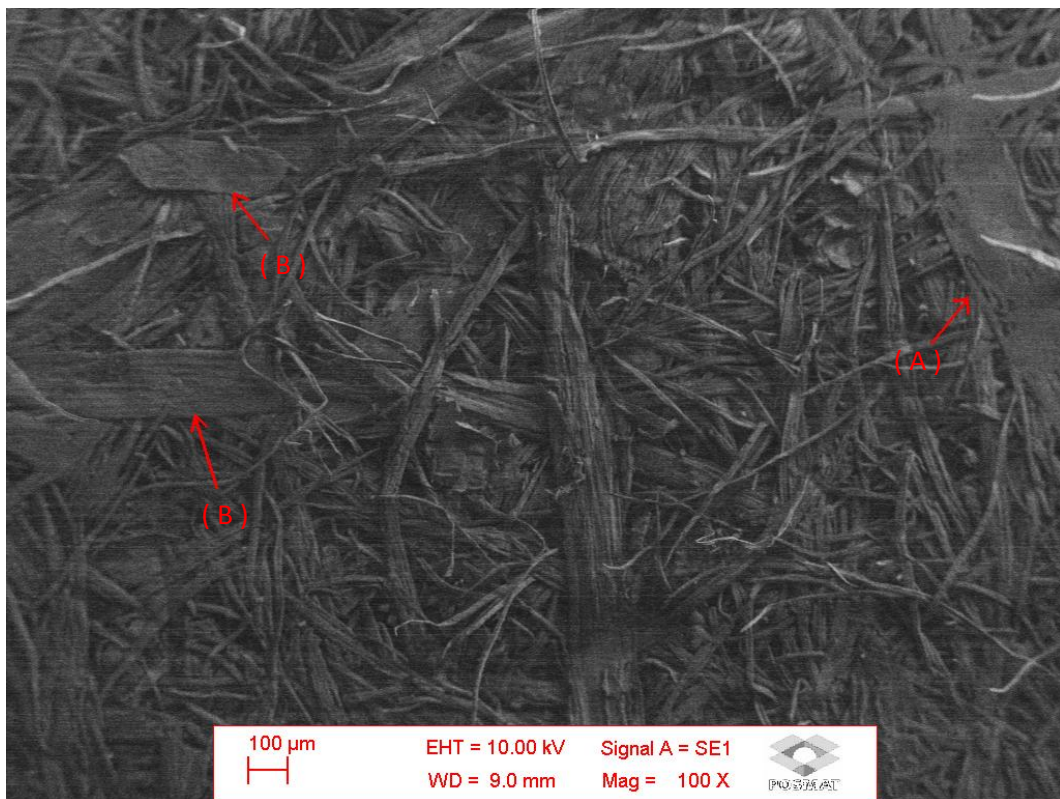


Figura 50. Traço T3 microscopia topo (Fonte, autor)

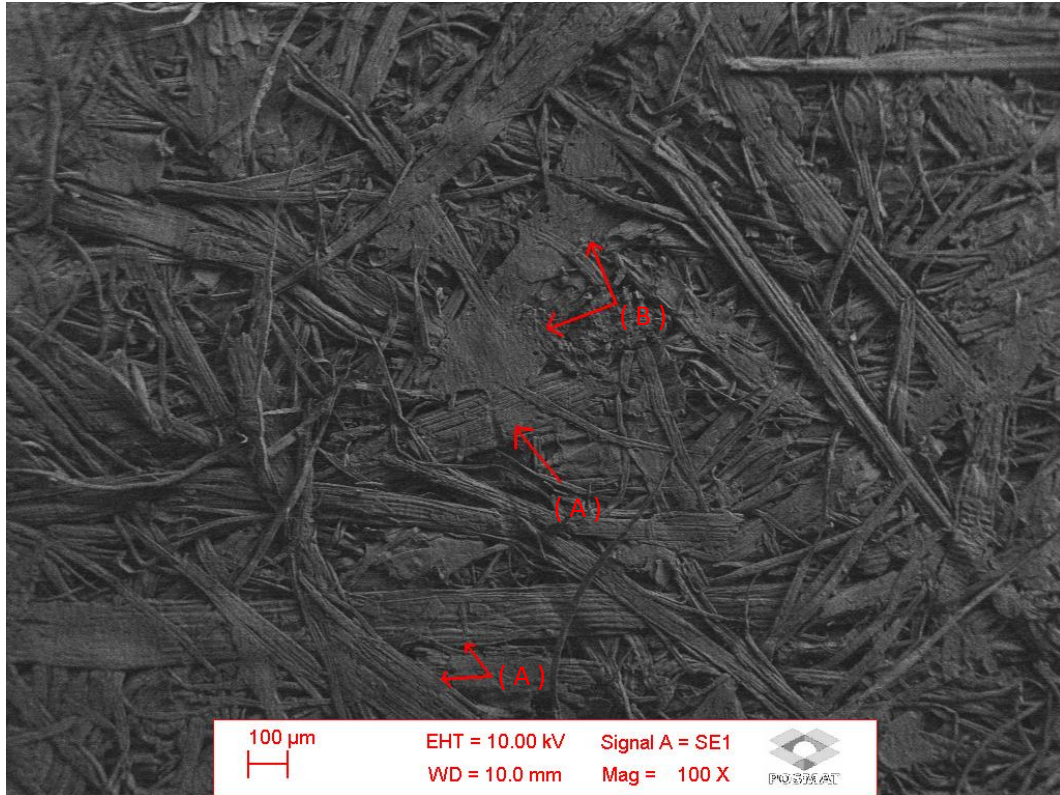


Figura 51. Traço T4 microscopia topo (Fonte, autor)

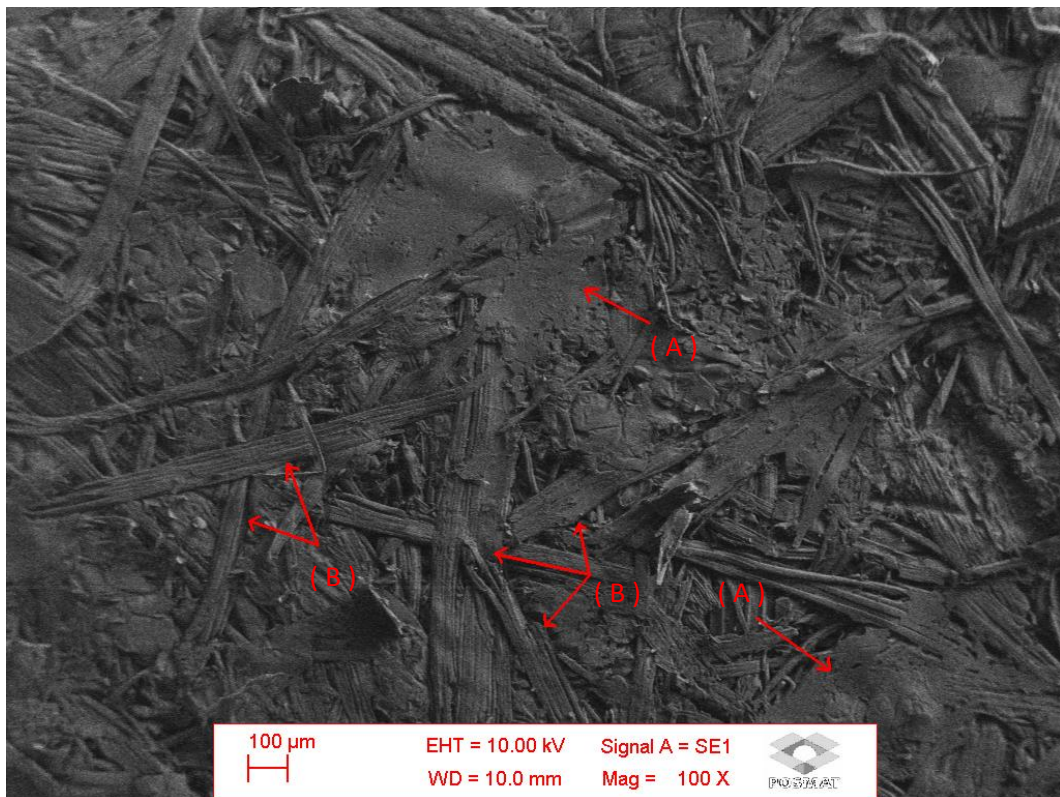


Figura 52. Traço T5 microscopia topo (Fonte, autor)

5.10.2. Microscopia Eletrônica de Varredura, análise na parte usinada

Nesta análise de microscopia eletrônica foi verificada a parte usinada de cada do traço, do T1 até o traço T5. No traço T1 (Figura 53) fica evidente que depois de usinadas as fibras mantiveram um perfil de corte igualado o que demonstra que houve uma boa mistura das fibras com o adesivo e também se pode verificar que não houve nenhuma concentração de adesivo o que ajuda a afirmar a boa mistura do adesivo com as fibras. Para afirmar ainda mais isto este traço obteve todos os melhores resultados nos ensaios físicos e mecânicos entre todos os cinco traços desta pesquisa.

Analisando o traço T2 (Figura 54) nota-se de imediato que algumas fibras não foram cortadas na hora da usinagem sendo estas arrancadas do painel (letra A) o que caracteriza uma falta de fixação provocada pela má distribuição do adesivo fazendo com que o painel venha a ter uma maior fragilidade física e mecânica e também ocasionou uma grande irregularidade na usinagem se comparado com o traço T1. Através do problema relatado pode-se considerar que este fator influenciou diretamente os ensaios físicos e mecânicos já que o traço T2 obteve praticamente os piores resultados entre todos os traços fabricados em laboratório.

Para o traço T3 (Figura 55) a qualidade da encolagem obteve uma ligeira melhora em relação ao traço T2, porém ainda pode ser visto muitas fibras arrancadas do painel (letra A) e pontos de concentração de adesivo onde as fibras foram usinadas com acabamento elevado por causa da alta concentração e da capacidade maior de fixação do adesivo já que este está concentrado (letra B). Assim como aconteceu no ensaio de topo fica aqui demonstrado que quando é misturada a fibra de cana-de-açúcar com a fibra do eucalipto estas se entrelaçam e ajudam a obter uma melhora na distribuição do adesivo e na formação do painel que automaticamente melhora a qualidade dos ensaios, uma evidência que já é confirmada nos ensaios físicos e mecânicos.

Observando a usinagem do traço T4 (Figura 56) rapidamente se nota grandes concentrações de adesivo (letra A) porém também é visível que a quantidade de fibras arrancadas é bem menor (letra B) se comparado com os traços T2 e T3. A regularidade na área da usinagem também é melhor, aparentando ser mais precisa e uniforme.

No último traço, T5 (Figura 57) a regularidade da usinagem é a melhor entre todos os traços fabricados em laboratório, isso é notado observando o rompimento das fibras que são sempre semelhantes e a uniformidade da altura do rompimento destas mesmas fibras. Com estas observações pode-se dizer que sua aparência é a mais assemelhada ao do traço T1, e assim como aconteceu com os outros traços analisando com esta aparência se faz uma correlação entre os ensaios físicos e mecânicos onde este traço obteve os melhores resultados entre todos os traços desenvolvidos em laboratório. Também fica evidente o tamanho avantajado das

fibras da cana-de-açúcar se comparado aos traços T1 e T2 que foram feitos com 100% de fibras de eucalipto o que comprova a avaliação das fibras obtidas com ajuda do estereoscópio. Também é possível observar um ponto de concentração de adesivo (letra A).

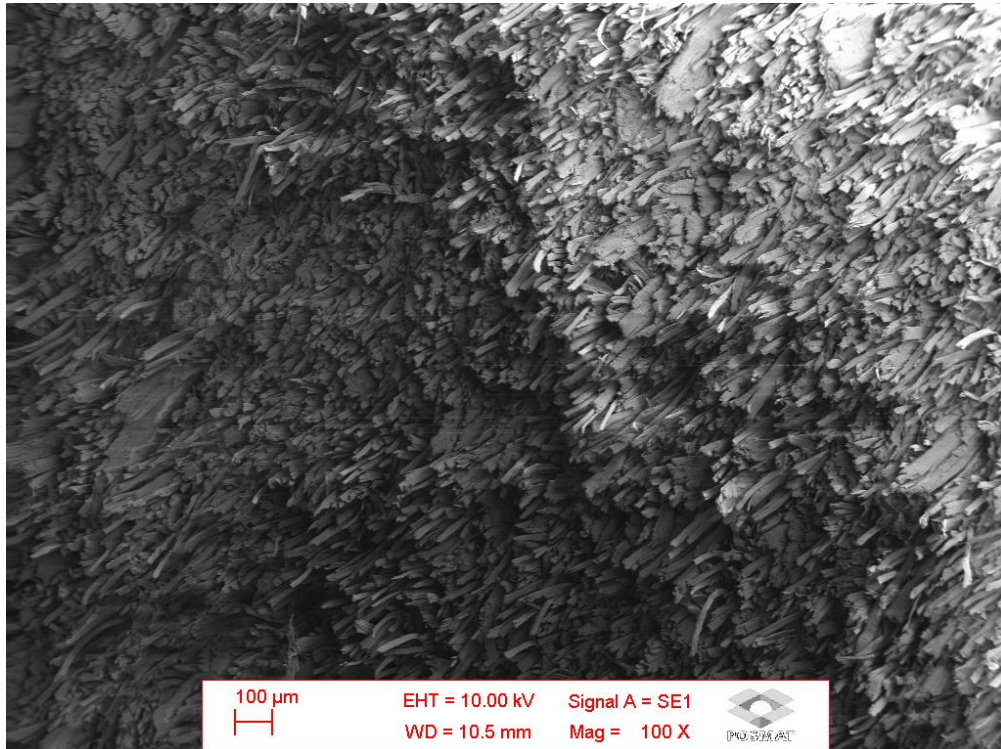


Figura 53. Traço T1 microscopia parte usinada (Fonte, autor)

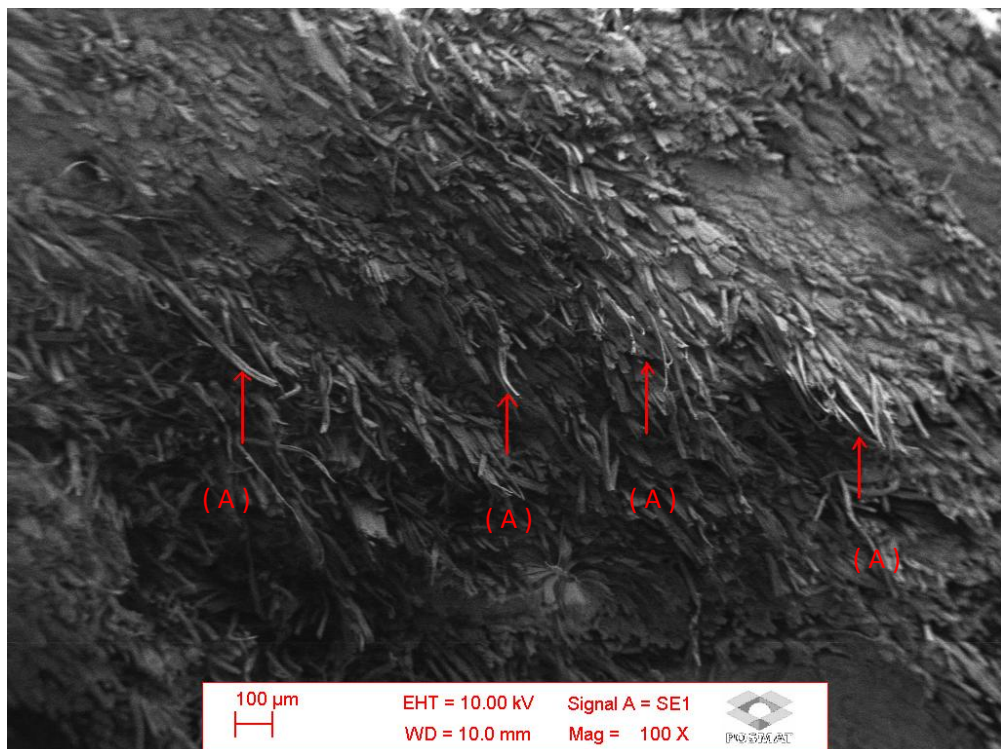


Figura 54. Traço T2 microscopia parte usinada (Fonte, autor)

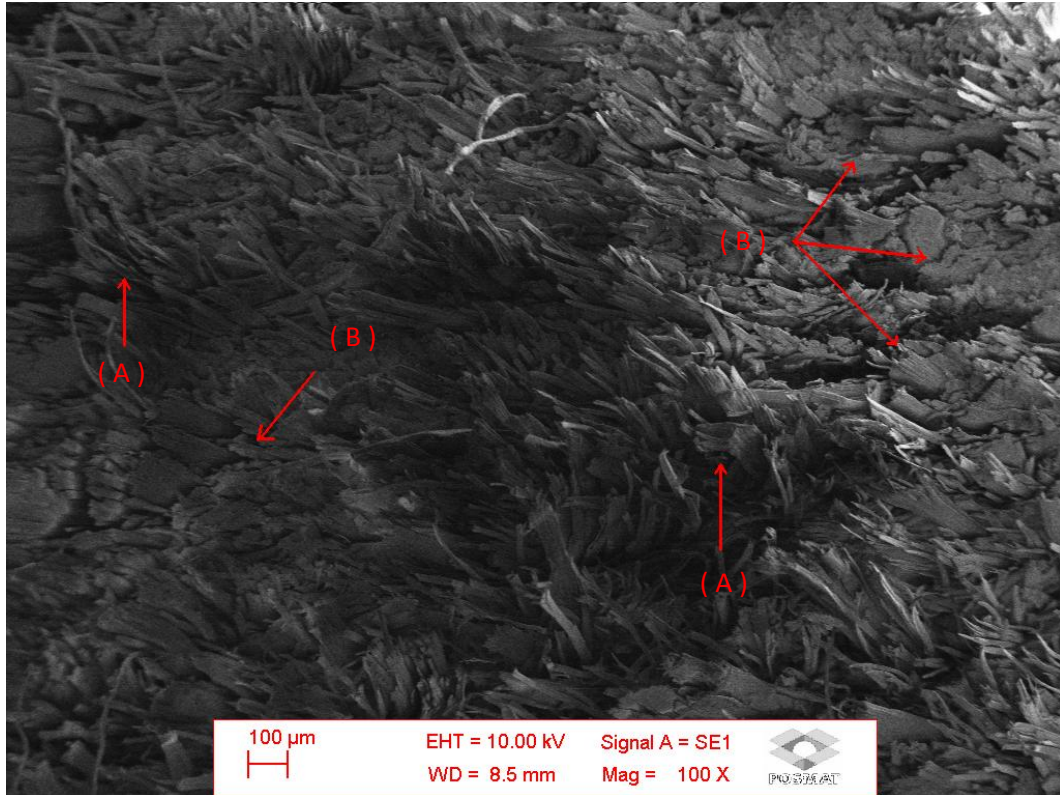


Figura 55. Traço T3 microscopia parte usinada (Fonte, autor)

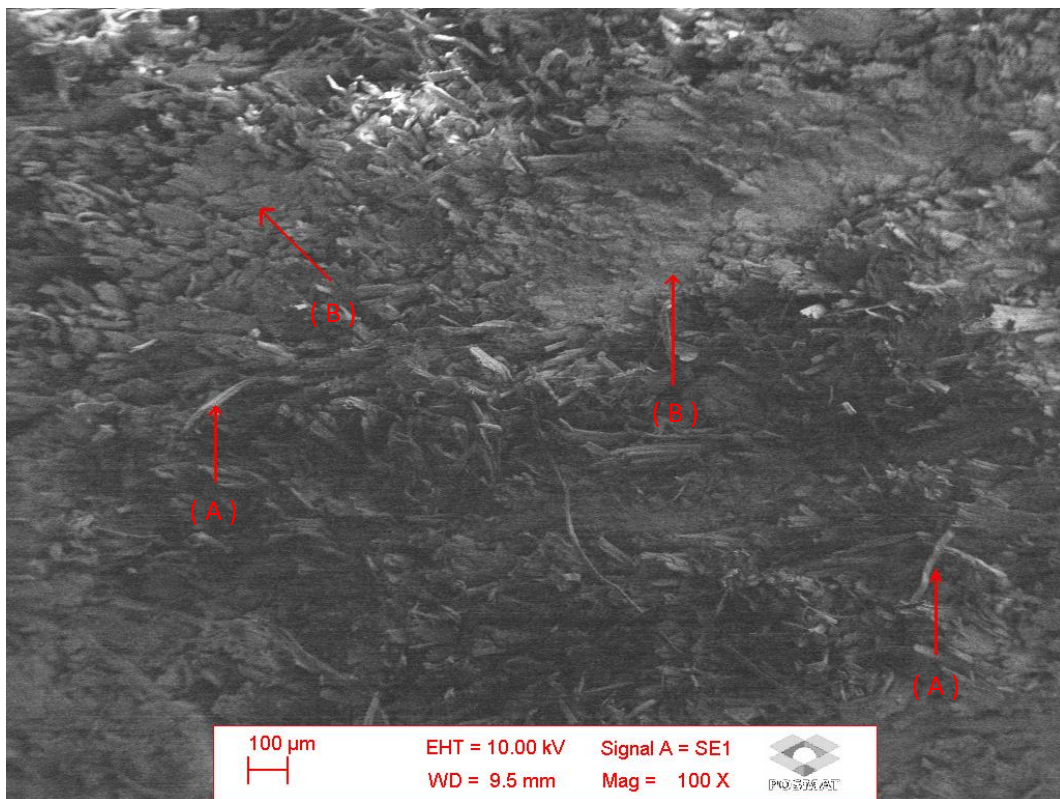


Figura 56. Traço T4 microscopia parte usinada (Fonte, autor)

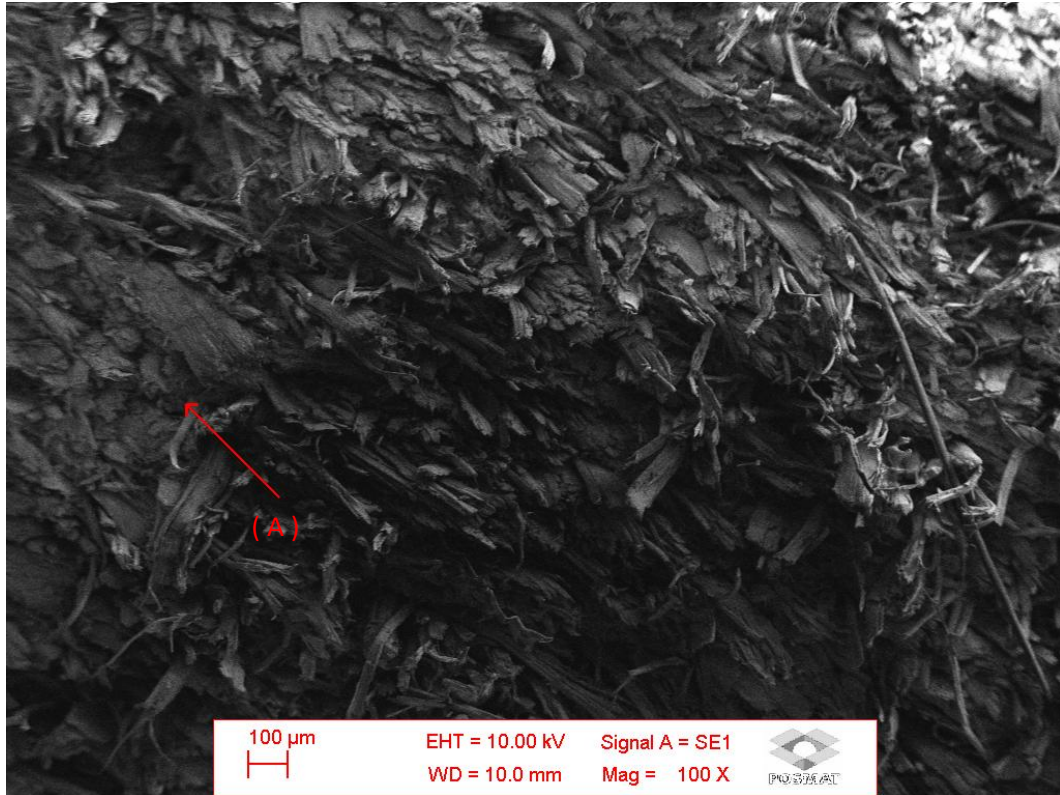


Figura 57. Traço T5 microscopia parte usinada (Fonte, autor)

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados obtidos ao longo desta pesquisa nos cinco traços avaliados, foi possível constatar que:

- No processo de desfibramento, as fibras de cana-de-açúcar ficaram ligeiramente maiores do que as fibras de eucalipto;
- As fibras de cana-de-açúcar ficaram com uma densidade aparente maior que as fibras de eucalipto;
- A aplicação do adesivo no colchão de fibras para os traços fabricados em laboratório ficou muito inferior ao sistema utilizado em indústria, prejudicando os resultados;
- A densidade alvo da pesquisa foi alcançada se enquadrando dentro do estabelecido pela NBR 15316-2 (2009), como painel de fibras de média densidade;
- No inchamento em espessura e absorção de água, para os períodos de 2h e 24h o traço T5 com 100% de fibra de cana-de-açúcar alcançou os melhores resultados entre os painéis fabricados em laboratório;
- No ensaio de módulo de elasticidade (MOE) o traço T5 com 100% de fibra de cana-de-açúcar alcançou o melhor resultado entre os painéis fabricados em laboratório e foi constatado que todos os traços alcançaram o mínimo estabelecido em norma;
- No ensaio de módulo de ruptura (MOR) nenhum dos traços feitos em laboratório alcançou o mínimo recomendado pela norma. O traço T5 com 100% de fibra de cana-de-açúcar foi o que alcançou o melhor resultado;
- No ensaio de tração perpendicular nenhum dos traços feitos em laboratório se enquadraram na NBR 15316-2 (2009), sendo o traço T5 com 100% de fibra de cana-de-açúcar que apresentou o melhor resultado;
- O traço T1 foi o único que teve todos os seus resultados enquadrando-os na NBR 15316-2 (2009);
- Na microscopia eletrônica de varredura realizada de topo (região que fica em contato com os pratos da prensa) ficou caracterizado pontos de concentração de resina, o que mostra uma mistura irregular do adesivo com as fibras, também é perceptível o aumento da qualidade no acabamento quando se analisa do traço T2 até o traço T5.

7. SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS

- Fazer o desfibramento com outras condições de desfibramento como a quente e com outros períodos de tempo/desfibramento;
- Misturar a fibra de cana-de-açúcar com outros materiais como, fibras de coco, fibras de madeira de pinus, fibras de bambu;
- Melhorar o método de distribuição da resina;
- Fazer ciclo de prensagem do colchão de fibras;
- Fazer painéis com teores de resinas diferentes como, 8%, 12% e 15%;
- Fazer outros ensaios que são abordados pela norma NBR 15316-3 (2009), como arrancamento de parafuso de topo e de face;
- Fazer ensaios de raio-x e micro tomografia;
- Fazer ensaios de ataques de fungos e cupim;
- Fazer ensaio de desgaste de ferramenta na usinagem do painel.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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.

AKGÜL, M.; TOZLUOĞLU, A.; **Utilizing peanut husk (*Arachis Hypogaea L.*) in the manufacture of medium density fiberboards**. Bioresource Technology 99 (2008); 5590-5594.

AYRILMIS, N.; BUYUKSARI, U.; AVCI, E.; KOC, E.; **Utilization of pine (*Pinus Pinea L.*) cone in manufacture of wood based composite**. Forest Ecology and management 259 (2009), 65-70.

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.

ALMEIDA, C. de O. R. **Estudo da influência da temperatura e do tempo de prensagem nas características físico mecânicas, de diferentes tipos de MDF aquando do seu revestimento por prensagem**. Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa, 2006. 139 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais lenhocelulósicos) – Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa-PT, 2006.

BAUCHONGKOL, P.; FUEANGVIVAT, V.; HIZIROĞLU, S.; JARUSOMBUTI, S.; SOONTONBURA, W.; **Selected properties of medium density fiberboard (MDF) panels made from bamboo and rice straw**. Forest Products journal. 57.5 (June 2007), p46.

BRITO, E. O. **Produção de chapas de partículas de madeira a partir de maravalhas de *Pinus eliottii* Engelm. Var. *elliottii* plantado no Sul do Brasil**. 1995. 123p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1984.

BELINI, U. L.; **Caracterização e alterações na estrutura anatômica da madeira do *Eucalyptus grandis* em três condições de desfibramento e efeito nas**

propriedades tecnológicas de painéis MDF. 2007, 90p – Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Produtos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

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.

BELINI, U. L.; TOMAZELLO FILHO, M.; LOUZADA, J. L. P.; RODRIGUES, J. C.; **Aspectos anatômicos e tecnológicos de painéis confeccionados com fibras de eucalipto e cana-de-açúcar.** Cerne, Lavras, v16, suplemento, p. 48-52, jul.2010.

BONDUELLE, A.; YAMAJI, F.; BORGES, C. C. Resíduos. **Revista da Madeira.** V. 12 Edição 68, Dezembro de 2002. Disponível em: <http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_capa.php?edicao=68>. Acesso em: 30 de Outubro de 2014.

BERTOLA, A. **Eucalipto - 100 Anos de Brasil. “FALEM MAL, MAS CONTINUEM FALANDO DE MIM!”.** 2004. 89p.

BATTISTELLE, 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.

CENTRO DE TECNOLOGIA CANAVIEIRA – CTC, 2013. Disponível em:< <http://www.ctcanavieira.com.br/index.html> >. Acesso em 24 de Outubro de 2014.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB – **Acompanhamento da safra Brasileira – Safra 2013/2014,** Agosto de 2013, 19p.

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.

DACOSTA, 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.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE, 2009. Disponível em:< <http://www.epe.gov.br/Paginas/default.aspx> >. Acesso em 20 de Outubro de 2014.

ELEOTÉRIO, J. R. **Propriedades físicas e mecânicas de painéis MDF de diferentes densidades e teores de resina.** 122 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Madeira) Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

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.

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

JOSÉ, F.J. **CHAPA DE PARTÍCULAS HOMOGÊNEAS DE BAMBU AGLOMERADAS COM RESINA POLIURETANA BI-COMPONENTE À BASE DE ÓLEO DE MAMONA**. 2006. 102p. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Agrícola, Unicamp, Campinas, 2006

MARINHO, Nelson Potenciano. **CARACTERÍSTICAS DAS FIBRAS DO BAMBU (*Dendrocalamus giganteus*) E POTENCIAL DE APLICAÇÃO EM PAINÉIS DE FIBRA DE MÉDIA DENSIDADE (MDF)**. 2012. 144p. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

Madeiras Osasco – **Verdade e mitos sobre MDF e chapas aglomeradas**.

Disponível em: < <http://www.madeirasosasco.com.br/news/verdade--e--mitos--sobre--mdf--e--chapas--aglomeradas/2> >. Acesso em 19 de outubro de 2014.

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, 681p.

NOVA CANA.COM – **Cana-de-açúcar - Tudo sobre esta versátil Planta**. Disponível em:< <http://www.novacana.com/cana-de-acucar/> >. Acesso em 28 de Outubro de 2014.

PHILIP YE, X.; JULSON, J.; KUO, M.; WOMAC, AL.; MYERS, D.; **Properties of medium density fiberboards made from renewable biomass**. Bioresource Technology 98 (2007); 1077-1084.

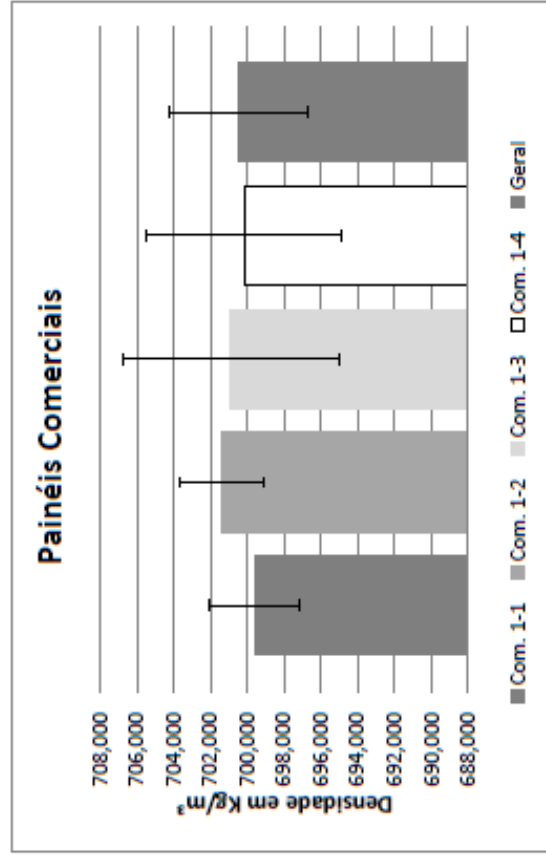
REMADE. Processo produtivo de chapa de fibra de média densidade. **Revista da Madeira**, Curitiba - PR. Edição 71, maio de 2003. Disponível em:< [http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=330&subject=MD F&title=Processo%20produtivo%20de%20chapa%20de%20fibra%20de%20m%E9di a%20densidade%20\(MDF\)](http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=330&subject=MD F&title=Processo%20produtivo%20de%20chapa%20de%20fibra%20de%20m%E9di a%20densidade%20(MDF)) > Acesso em 27 de Outubro de 2014.

SANTANA, M. A. E.; TEIXEIRA, D E. **Uso do bagaço de cana-de-açúcar na confecção de chapas de aglomerado**. CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7.; CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1., 1993, Curitiba. *Anais...*São Paulo: SBS/SBEF, 1993. P. 667-672.

UNIÃO DOS PRODUTORES DE BIOENERGIA - **UDOP**, 2012. Disponível em:<
<http://www.udop.com.br/index.php?item=noticias&cod=993> >. Acesso em 23 de
Outubro de 2014.

APÊNDICE A – Dados Densidade

Porcentagem	Painel/C.P.	massa gramas	Medida A mm	Medida B mm	Medida C mm	Medida D mm	Ponto 1 mm	Ponto 2 mm	Ponto 3 mm	Ponto 4 mm	Ponto 5 mm	Densidade kg/m ³
100%	Comercial 1-1/5	21,4	50,08	50,03	50,13	50,09	12,24	12,23	12,24	12,24	12,26	696,931
100%	Comercial 1-1/6	21,6	50,16	50,14	50,26	50,18	12,24	12,24	12,24	12,25	12,28	700,116
100%	Comercial 1-1/13	21,7	50,17	50,16	50,21	50,22	12,28	12,27	12,27	12,26	12,3	701,728
100%	Comercial 1-2/5	21,5	50,05	50,07	50,32	50,23	12,21	12,23	12,21	12,21	12,23	699,190
100%	Comercial 1-2/6	21,7	50,26	50,23	50,34	50,33	12,18	12,19	12,19	12,19	12,21	703,756
100%	Comercial 1-2/13	21,6	50,15	50,17	50,12	50,06	12,26	12,25	12,26	12,25	12,28	701,221
100%	Comercial 1-3/5	21,4	50,04	49,87	50,15	50,04	12,23	12,24	12,22	12,23	12,26	698,877
100%	Comercial 1-3/6	21,9	50,2	50,25	50,28	50,29	12,26	12,26	12,25	12,24	12,27	707,517
100%	Comercial 1-3/13	21,5	50,1	50,13	50,29	50,21	12,24	12,25	12,25	12,3	12,27	696,263
100%	Comercial 1-4/5	21,5	50,14	50,14	50,04	50,08	12,23	12,25	12,26	12,25	12,26	699,242
100%	Comercial 1-4/6	21,8	50,33	50,27	50,11	50,1	12,26	12,25	12,24	12,25	12,27	705,878
100%	Comercial 1-4/13	21,4	50,17	50,17	50,04	50,14	12,25	12,24	12,24	12,24	12,26	695,384
Resultados	Com. 1-1	Com. 1-2	Com. 1-3	Com. 1-4	Geral							
Máximo	701,728	703,756	707,517	705,878	707,517							
Média	699,591	701,389	700,886	700,168	700,508							
Mínima	696,931	699,190	696,263	695,384	695,384							
Desvio Padrão	2,441	2,287	5,890	5,308	3,738455							



Densidade

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

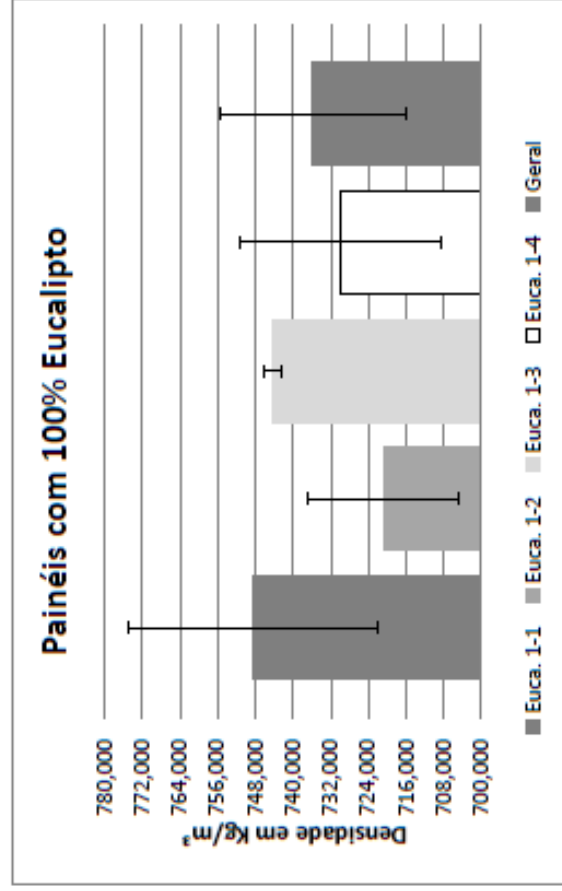
$$\rho = \text{é a massa específica da amostra [g/ cm}^3\text{]}$$

$$m = \text{é a massa do corpo-de-prova (Gramas [g])}$$

$$V = \text{é o volume do corpo-de-prova [cm}^3\text{]}$$

$$V = ((A+B)/2) * ((C+D)/2) * ((P1+P2+P3+P4+P5)/5)$$

Porcentagem	Painel/C.P.	massa gramas	Medida A mm	Medida B mm	Medida C mm	Medida D mm	Ponto 1 mm	Ponto 2 mm	Ponto 3 mm	Ponto 4 mm	Ponto 5 mm	Densidade kg/m ³
100%	Eucalipto 1-1/5	23,2	50,3	50,24	50,24	50,17	12,29	12,18	12,35	12,39	12,24	747,963
100%	Eucalipto 1-1/6	23,9	50,24	50,18	50,28	50,3	12,34	12,06	12,14	12,31	12,18	775,448
100%	Eucalipto 1-1/13	22,2	50,26	50,32	50,09	50,09	12,07	12,14	12,31	12,26	12,22	722,371
100%	Eucalipto 1-2/5	21,8	50,23	50,19	50,24	50,24	12,31	12,15	12,13	12,3	12,25	706,743
100%	Eucalipto 1-2/6	22,4	50,06	50,12	50,33	50,26	12,02	12,11	12	12,03	12,07	738,124
100%	Eucalipto 1-2/13	21,7	50,3	50,3	50,09	50,14	11,95	12,02	12,03	12	12	717,369
100%	Eucalipto 1-3/5	22,8	49,7	49,9	50,17	49,9	12,31	12,18	12,34	12,53	12,28	742,231
100%	Eucalipto 1-3/6	23,1	50,3	50,31	49,9	50,12	12,26	12,31	12,46	12,37	12,27	744,458
100%	Eucalipto 1-3/13	22,7	50,23	50,26	50,14	50,07	12,05	12,07	11,93	12	12,4	745,806
100%	Eucalipto 1-4/5	23,2	49,82	49,89	50,21	50,03	12,36	12,14	12,33	12,46	12,33	753,384
100%	Eucalipto 1-4/6	22,1	50,2	50,25	50,26	50,2	11,97	12,3	12,19	11,97	12,04	724,335
100%	Eucalipto 1-4/13	21,9	50,27	50,19	50,09	50,29	12,34	12,32	12,07	12,1	12,19	711,806
Resultados	Euca. 1-1	Euca. 1-2	Euca. 1-3	Euca. 1-4	Euca. 1-4	Euca. 1-4						
Máximo	775,448	738,124	745,806	753,384	775,448							
Média	748,594	720,745	744,165	729,842	735,836							
Mínima	722,371	706,743	742,231	711,806	706,743							
Desvio Padrão	26,544	15,961	1,805	21,329	19,823							



Densidade

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

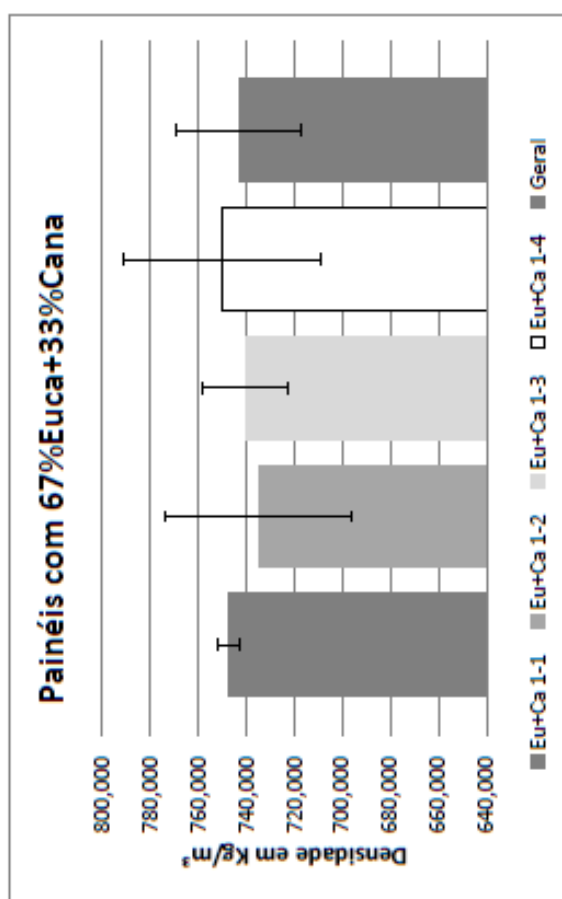
$$\rho = \text{é a massa específica da amostra [g/cm}^3]$$

$$m = \text{é a massa do corpo-de-prova (Gramas [g])}$$

$$V = \text{é o volume do corpo-de-prova [cm}^3]$$

$$V = ((A+B)/2) * ((C+D)/2) * ((P1+P2+P3+P4+P5)/5)$$

Porcentagem	Painel/C.P.	massa gramas	Medida A mm	Medida B mm	Medida C mm	Medida D mm	Ponto 1 mm	Ponto 2 mm	Ponto 3 mm	Ponto 4 mm	Ponto 5 mm	Densidade kg/m ³
67%+33%	Euca+Cana 1-1/5	23,1	50,05	49,93	50	50,21	12,34	12,31	12,22	12,19	12,28	751,751
67%+33%	Euca+Cana 1-1/6	22,9	50,12	49,88	50,25	50,25	12,25	12,17	12,3	12,38	12,23	743,064
67%+33%	Euca+Cana 1-1/13	22,9	50,03	50,08	50,27	50,28	12,09	12,21	12,25	12,12	12,2	747,485
67%+33%	Euca+Cana 1-2/5	23,4	50,15	50,07	49,83	50,25	12,38	12,27	12,26	12,33	12,26	758,698
67%+33%	Euca+Cana 1-2/6	21,2	50,15	50	50,24	50,23	12,22	12,11	12,19	12,31	12,22	690,228
67%+33%	Euca+Cana 1-2/13	23,5	50,3	50,31	50,24	50,2	12,36	12,27	12,25	12,39	12,32	755,161
67%+33%	Euca+Cana 1-3/5	23,1	50,1	50,31	50,09	50,09	12,12	12,16	12,36	12,28	12,14	752,189
67%+33%	Euca+Cana 1-3/6	23,1	50,18	50,18	50,3	50,24	12,33	12,23	12,13	12,24	12,2	749,011
67%+33%	Euca+Cana 1-3/13	22	50,17	50,18	50,24	50,21	12,19	12,19	12,09	12,05	12,14	719,586
67%+33%	Euca+Cana 1-4/5	22	50,23	50,17	50,18	50,07	12,43	12,28	12,48	12,57	12,46	702,594
67%+33%	Euca+Cana 1-4/6	23,9	50,3	50,29	50,24	50,19	12,29	12,36	12,09	12,2	12,17	774,279
67%+33%	Euca+Cana 1-4/13	23,8	50,24	50,2	50,07	50,08	12,34	12,38	12,15	12,11	12,21	773,337
Resultados	Eu+Ca 1-1	Eu+Ca 1-2	Eu+Ca 1-3	Eu+Ca 1-4	Geral							
Máximo	751,751	758,698	752,189	774,279	774,279							
Média	747,434	734,696	740,262	750,070	743,115							
Mínima	743,064	690,228	719,586	702,594	690,228							
Desvio Padrão	4,344	38,551	17,976	41,118	26,070							



Densidade

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

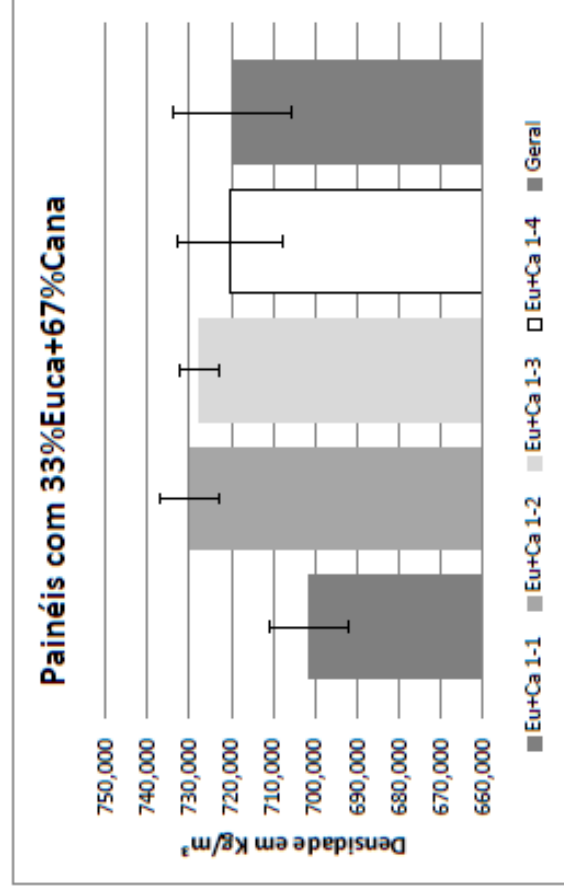
$$\rho = \text{é a massa específica da amostra [g/ cm}^3\text{]}$$

$$m = \text{é a massa do corpo-de-prova (Gramas [g])}$$

$$V = \text{é o volume do corpo-de-prova [cm}^3\text{]}$$

$$V = ((A+B)/2) * ((C+D)/2) * ((P1+P2+P3+P4+P5)/5)$$

Porcentagem	Painel/C.P.	massa gramas	Medida A mm	Medida B mm	Medida C mm	Medida D mm	Ponto 1 mm	Ponto 2 mm	Ponto 3 mm	Ponto 4 mm	Ponto 5 mm	Densidade kg/m ³
33%+67%	Euca+Cana 1-1/5	22	50,28	50,28	50,11	50,08	12,38	12,41	12,22	12,19	12,38	709,191
33%+67%	Euca+Cana 1-1/6	21,7	50,25	50,23	50,22	50,06	12,3	12,36	12,16	12,17	12,21	703,792
33%+67%	Euca+Cana 1-1/13	21,5	50,25	50,27	50,13	50,15	12,47	12,33	12,21	12,32	12,39	691,155
33%+67%	Euca+Cana 1-2/5	22	50,15	50,13	50,21	50,26	12,13	12,05	12,05	12,11	12,17	721,730
33%+67%	Euca+Cana 1-2/6	22,4	50,29	50,22	50,09	50	12,09	12,09	12,14	12,09	12,17	735,104
33%+67%	Euca+Cana 1-2/13	22,6	50,21	50,28	50,24	50,23	12,12	12,34	12,33	12,05	12,26	732,720
33%+67%	Euca+Cana 1-3/5	22,2	50	50,02	50,29	50,24	12,15	12,35	12,26	12,12	12,22	722,702
33%+67%	Euca+Cana 1-3/6	22,4	49,93	50	50,26	50,27	12,32	12,07	12,08	12,28	12,16	732,146
33%+67%	Euca+Cana 1-3/13	22,4	50,25	50,24	50,18	50,18	12,29	12,31	12,17	12,08	12,18	727,866
33%+67%	Euca+Cana 1-4/5	21,7	49,98	50	50,12	50,15	12,14	12,1	12,04	12,13	12,22	714,033
33%+67%	Euca+Cana 1-4/6	22,5	50,13	50,17	50,09	50	12,18	12,18	12,2	12,22	12,22	734,837
33%+67%	Euca+Cana 1-4/13	21,6	49,84	49,8	50,15	50,07	12,27	12,22	12	12,07	12,18	712,231
Resultados	Eu+Ca 1-1	Eu+Ca 1-2	Eu+Ca 1-3	Eu+Ca 1-4	Geral							
Máximo	709,191	735,104	732,146	734,837	735,104							
Média	701,380	729,851	727,571	720,367	719,792							
Mínima	691,155	721,730	722,702	712,231	691,155							
Desvio Padrão	9,257	7,134	4,729	12,564	13,937							



Densidade

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

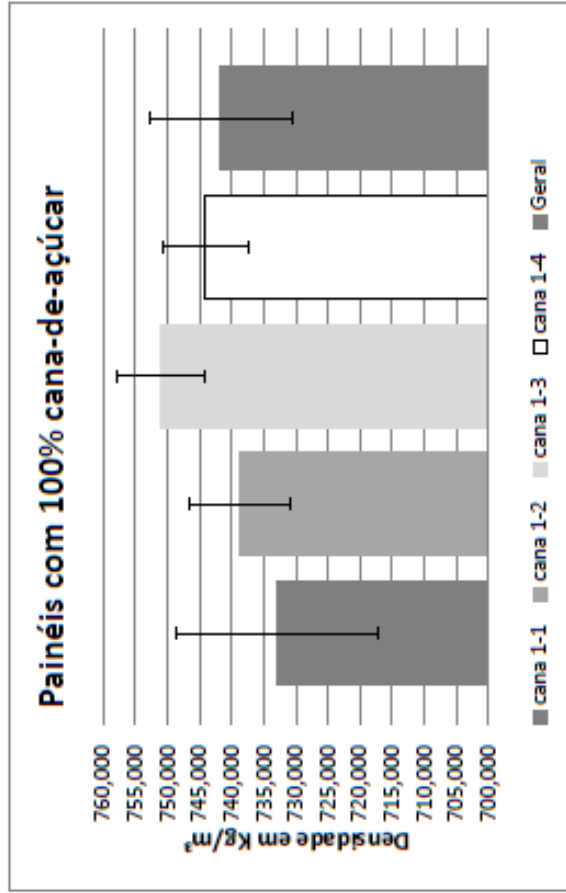
$$\rho = \text{a massa específica da amostra [g/ cm}^3\text{]}$$

$$m = \text{é a massa do corpo-de-prova (Gramas [g])}$$

$$V = \text{é o volume do corpo-de-prova [cm}^3\text{]}$$

$$V = ((A+B)/2) * ((C+D)/2) * ((P1+P2+P3+P4+P5)/5)$$

Porcentagem	Painel/C.P.	massa gramas	Medida A mm	Medida B mm	Medida C mm	Medida D mm	Ponto 1 mm	Ponto 2 mm	Ponto 3 mm	Ponto 4 mm	Ponto 5 mm	Densidade kg/m ³
100%	Cana 1-1/5	22,8	50,26	50,15	50,08	50,06	12,24	12,21	12,15	12,15	12,17	744,424
100%	Cana 1-1/6	22,8	50,15	50,07	50,27	50,19	12,3	12,33	12,2	12,17	12,27	739,213
100%	Cana 1-1/13	22,4	50,16	50,25	50,14	50,27	12,48	12,54	12,38	12,32	12,44	714,847
100%	Cana 1-2/5	22,7	50,25	50,12	50,14	50,13	12,19	12,06	12,02	12,04	12,08	746,992
100%	Cana 1-2/6	22,5	50,18	50,16	50,03	50,19	12,15	12,13	12,11	12,07	12,16	738,190
100%	Cana 1-2/13	22,6	50,26	50,27	50,13	50,18	12,17	12,14	12,34	12,38	12,27	731,203
100%	Cana 1-3/5	23	50,27	50,3	50,13	50,17	12,1	12,08	12,04	12,04	12,1	755,508
100%	Cana 1-3/6	22,7	50,27	50,25	50,14	50,11	12,1	12,15	12,14	12,1	12,14	743,073
100%	Cana 1-3/13	23,3	50,18	50,18	50,17	50,15	12,19	12,16	12,38	12,36	12,28	754,191
100%	Cana 1-4/5	22,6	50,12	50,16	50,01	50,08	12,17	12,11	12,09	12,13	12,16	742,388
100%	Cana 1-4/6	22,6	50,07	50,07	50,02	50,19	12,13	12,2	12,25	12,21	12,22	738,276
100%	Cana 1-4/13	23,3	50,14	50,16	50,2	50,21	12,2	12,43	12,43	12,22	12,29	751,517
Resultados	cana 1-1	cana 1-2	cana 1-3	cana 1-4	Geral							
Máximo	744,424	746,992	755,508	751,517	755,508							
Média	732,828	738,795	750,924	744,060	741,652							
Mínima	714,847	731,203	743,073	738,276	714,847							
Desvio Padrão	15,788	7,912	6,831	6,777	11,047							



Densidade

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

$$\rho = \text{a massa específica da amostra [g/ cm}^3\text{]}$$

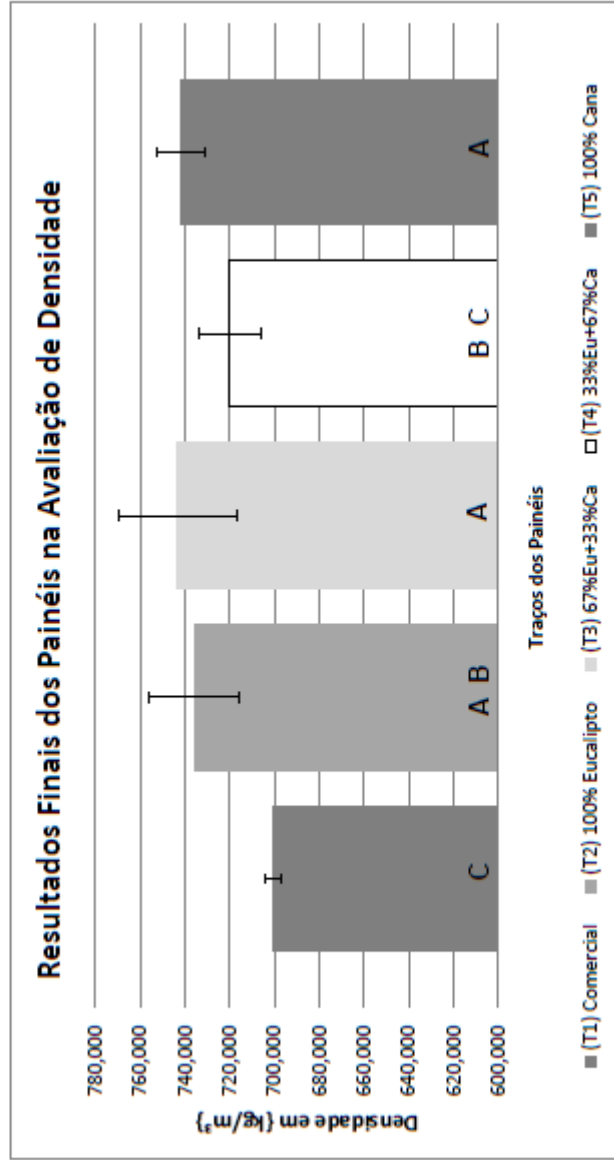
$$m = \text{é a massa do corpo-de-prova (Gramas [g])}$$

$$V = \text{é o volume do corpo-de-prova [cm}^3\text{]}$$

$$V = ((A+B)/2) * ((C+D)/2) * ((P1+P2+P3+P4+P5)/5)$$

Avaliação Final Ensaio de Densidade

Resultados	(T1) Comercial kg/m ³	(T2) 100% Eucalipto kg/m ³	(T3) 67%Eu+33%Ca kg/m ³	(T4) 33%Eu+67%Ca kg/m ³	(T5) 100% Cana kg/m ³
Máximo	707,517	775,448	774,279	735,104	755,508
Média	700,508	735,836	743,115	719,792	741,652
Mínima	695,384	706,743	690,228	691,155	714,847
Desvio Padrão	3,74	19,823	26,070	13,937	11,047



T 1	T 2	T 3	T 4	T 5
696,9305941	747,9632248	751,7509911	709,1912206	744,4240474
700,1160224	775,4479967	743,0643943	703,7920483	739,2126497
701,7276196	722,3712891	747,4852719	691,1554437	714,8469591
699,1903321	706,7425049	758,6981799	721,7300633	746,9918855
703,7555881	738,1239809	690,2284122	735,1039946	738,1898793
701,2206895	717,3692687	755,1614311	732,719882	731,2031393
698,8773423	742,2308039	752,1893518	722,7019509	755,508261
707,5171356	744,4577029	749,010742	732,1462538	743,072901
696,2630486	745,8055988	719,5864098	727,8655174	754,1914719
699,2415009	753,3842076	702,5942247	714,0325564	742,3881214
705,8778693	724,3345246	774,2787532	734,8370694	738,2760172
695,3835063	711,8058321	773,3370935	712,2309499	751,5170931

Densidade

Anova: fator único

RESUMO

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variancia
T 1	12	8406,101249	700,5084374	13,97604939
T 2	12	8830,036935	735,8364112	392,9506774
T 3	12	8917,385256	743,115438	679,619201
T 4	12	8637,50695	719,7922459	194,2493276
T 5	12	8899,822426	741,6518688	122,0306112

ANOVA

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	15590,98779	4	3897,746949	13,89248317	0,0000000677374814073	2,53968863
Dentro dos grupos	15431,08453	55	280,5651733			
Total	31022,07233	59				

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev
T 1	12	700,51	3,74
T 2	12	735,84	19,82
T 3	12	743,12	26,07
T 4	12	719,79	13,94
T 5	12	741,65	11,05

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	15591	3898	13,89	0,000
Error	56	15431	281		
Total	59	31022			

S = 16,75 R-Sq = 50,26% R-Sq(adj) = 4
 Pooled StDev = 16,75

Grouping Information
 Using Tukey Method

N	Mean	Grouping
T 3	12 743,12	A
T 5	12 741,65	A
T 2	12 735,84	A B
T 4	12 719,79	B C
T 1	12 700,51	C

Traços	Grupos
T1	C
T2	B
T3	A
T4	B
T5	A

APÊNDICE B – Dados Inchamento em Espessura 2h

Porcentagem	Paine/C.P.	Espessura Inicial C.P. mm (E0)	Espessura C.P. 2h mm (E1)	Resultado 2h %	Resultados				Geral
					Máximo	Média	Mínima	Desvio Padrão	
100%	Comercial 1-1/4	12,25	12,54	2,367	2,367	2,123	1,881	0,243	2,373
100%	Comercial 1-1/7	12,23	12,46	1,881	2,044	1,988	1,956	0,049	2,095
100%	Comercial 1-1/12	12,26	12,52	2,121	2,204	2,204	1,954	0,221	1,881
100%	Comercial 1-2/4	12,27	12,51	1,956	2,044	2,044	1,954	0,095	1,881
100%	Comercial 1-2/7	12,22	12,46	1,964	2,284	2,284	1,954	0,095	1,881
100%	Comercial 1-2/12	12,23	12,48	2,044	2,373	2,373	1,954	0,095	1,881
100%	Comercial 1-3/4	12,26	12,54	2,284	2,373	2,373	1,954	0,095	1,881
100%	Comercial 1-3/7	12,22	12,51	2,373	2,373	2,373	1,954	0,095	1,881
100%	Comercial 1-3/12	12,28	12,52	1,954	2,119	2,119	1,954	0,095	1,881
100%	Comercial 1-4/4	12,27	12,51	1,956	2,119	2,119	1,954	0,095	1,881
100%	Comercial 1-4/7	12,27	12,53	2,119	2,122	2,122	1,954	0,095	1,881
100%	Comercial 1-4/12	12,25	12,51	2,122					0,169

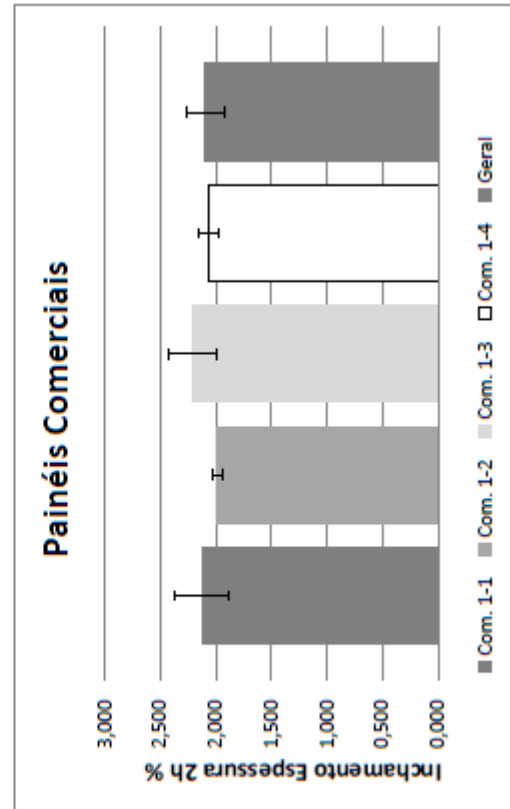
Inchamento Espessura 2h

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

E1 = espessura do CP após a imersão (mm)

E0 = espessura do CP antes da imersão (mm)

I = inchamento em espessura do CP (resultado %)



Porcentagem	Painel/C.P.	Espessura Inicial C.P. mm (E0)	Espessura C.P. 2h mm (E1)	Resultado 2h %	Resultados				Geral
					Euca. 1-1	Euca. 1-2	Euca. 1-3	Euca. 1-4	
100%	Eucaipto 1-1/4	12,3	17,03	38,455	41,577	38,182	44,967	31,368	44,967
100%	Eucaipto 1-1/7	12,18	16,86	38,424	39,485	35,329	39,846	31,236	36,474
100%	Eucaipto 1-1/12	12,05	17,06	41,577	38,424	32,893	33,471	31,146	31,146
100%	Eucaipto 1-2/4	12,1	16,72	38,182	1,811	2,669	5,849	0,117	4,640
100%	Eucaipto 1-2/7	12,03	16,23	34,913					
100%	Eucaipto 1-2/12	12,1	16,08	32,893					
100%	Eucaipto 1-3/4	12,12	17,57	44,967					
100%	Eucaipto 1-3/7	12,19	17,2	41,099					
100%	Eucaipto 1-3/12	12,07	16,11	33,471					
100%	Eucaipto 1-4/4	12,21	16,04	31,368					
100%	Eucaipto 1-4/7	12,15	15,94	31,193					
100%	Eucaipto 1-4/12	12,04	15,79	31,146					

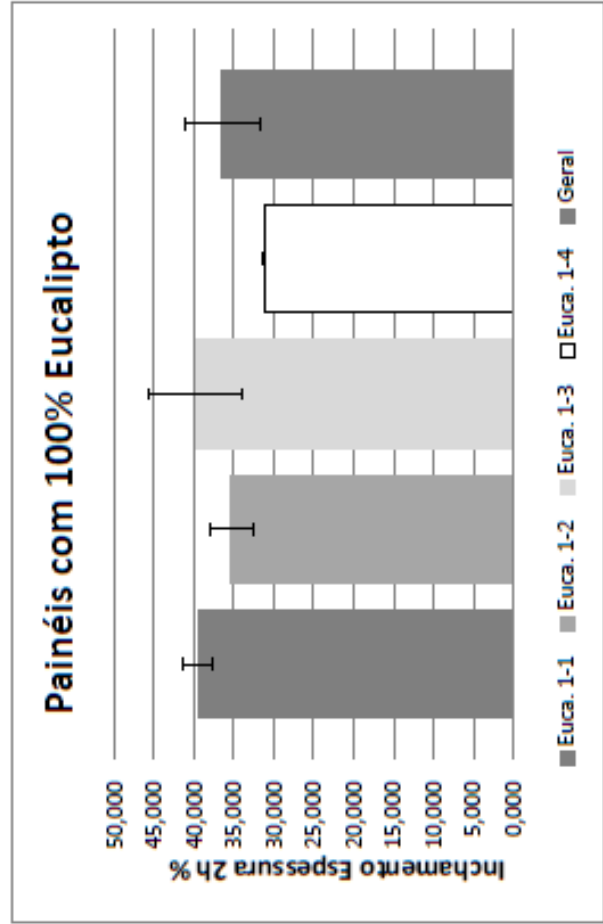
Inchamento Espessura 2h

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

E1 = espessura do CP após a imersão (mm)

E0 = espessura do CP antes da imersão (mm)

I = inchamento em espessura do CP (resultado %)



Porcentagem	Painel/C.P.	Espessura Inicial C.P. mm (E0)	Espessura C.P. 2h mm (E1)	Resultado 2h %	Resultados				Geral
					Eu+Ca 1-1	Eu+Ca 1-2	Eu+Ca 1-3	Eu+Ca 1-4	
67%+33%	Euca+Cana 1-1/4	12,23	15,54	27,065	27,065	30,933	29,373	17,398	30,933
67%+33%	Euca+Cana 1-1/7	12,21	14,95	22,441	23,312	27,455	23,160	15,760	22,422
67%+33%	Euca+Cana 1-1/12	12,09	14,56	20,430	20,430	22,850	19,339	14,391	14,391
67%+33%	Euca+Cana 1-2/4	12,21	15,7	28,583	23,312	27,455	23,160	15,760	22,422
67%+33%	Euca+Cana 1-2/7	12,22	16	30,933	20,430	22,850	19,339	14,391	14,391
67%+33%	Euca+Cana 1-2/12	12,21	15	22,850	20,430	22,850	19,339	14,391	14,391
67%+33%	Euca+Cana 1-3/4	12,29	15,9	29,373	3,402	4,158	5,428	1,522	5,514
67%+33%	Euca+Cana 1-3/7	12,23	14,77	20,769	27,065	30,933	29,373	17,398	30,933
67%+33%	Euca+Cana 1-3/12	12,1	14,44	19,339	23,312	27,455	23,160	15,760	22,422
67%+33%	Euca+Cana 1-4/4	12,3	14,44	17,398	20,430	22,850	19,339	14,391	14,391
67%+33%	Euca+Cana 1-4/7	12,23	13,99	14,391	27,065	30,933	29,373	17,398	30,933
67%+33%	Euca+Cana 1-4/12	12,2	14,09	15,492	20,430	22,850	19,339	14,391	14,391

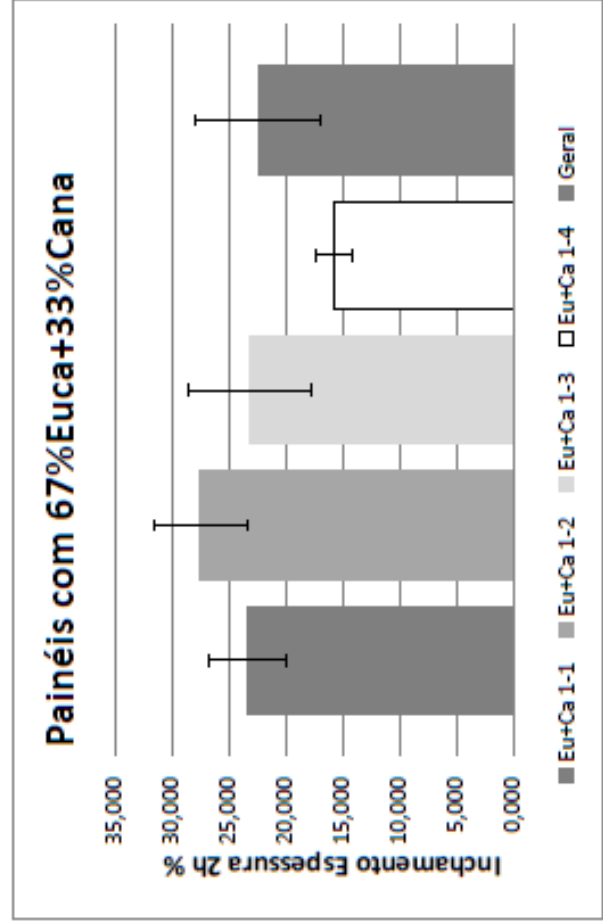
Inchamento Espessura 2h

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

E1 = espessura do CP após a imersão (mm)

E0 = espessura do CP antes da imersão (mm)

I = inchamento em espessura do CP (resultado %)



Porcentagem	Painel/C.P.	Espessura Inicial C.P. mm (E0)	Espessura C.P. 2h mm (E1)	Resultado 2h %	Resultados				Geral
					Eu+Ca 1-1	Eu+Ca 1-2	Eu+Ca 1-3	Eu+Ca 1-4	
33%+67%	Euca+Cana 1-1/4	12,28	13,81	12,459	13,603	8,628	10,993	11,313	13,603
33%+67%	Euca+Cana 1-1/7	12,37	13,87	12,126		7,949	10,642	9,383	10,176
33%+67%	Euca+Cana 1-1/12	12,35	14,03	13,603		7,331	10,181	6,404	6,404
33%+67%	Euca+Cana 1-2/4	12,14	13,03	7,331		7,888	0,417	2,617	2,197
33%+67%	Euca+Cana 1-2/7	12,17	13,13	7,888		8,628			
33%+67%	Euca+Cana 1-2/12	12,17	13,22	8,628		10,752			
33%+67%	Euca+Cana 1-3/4	12,37	13,7	10,752		10,993			
33%+67%	Euca+Cana 1-3/7	12,19	13,53	10,993		10,181			
33%+67%	Euca+Cana 1-3/12	12,18	13,42	10,181		11,313			
33%+67%	Euca+Cana 1-4/4	12,11	13,48	11,313		10,432			
33%+67%	Euca+Cana 1-4/7	12,27	13,55	10,432		6,404			
33%+67%	Euca+Cana 1-4/12	12,18	12,96	6,404					

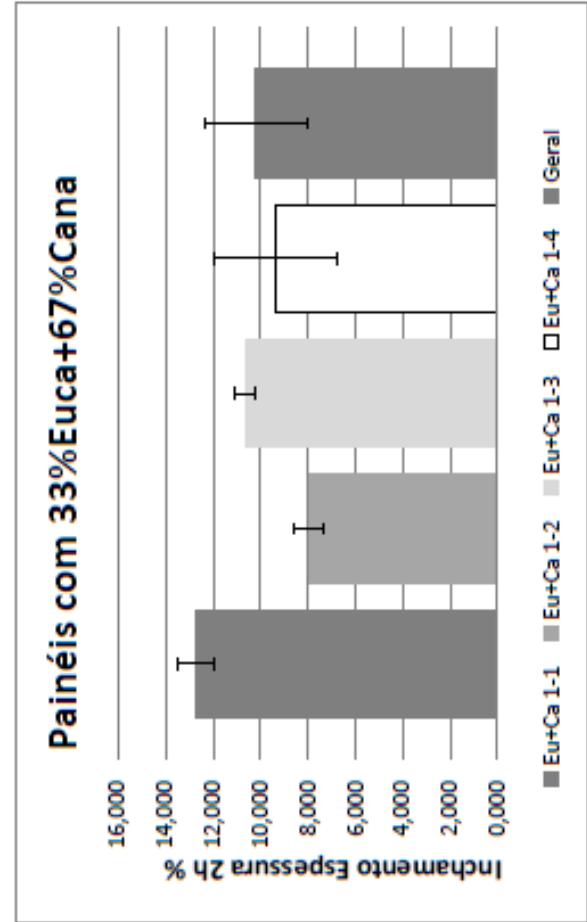
Inchamento Espessura 2h

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

E1 = espessura do CP após a imersão (mm)

E0 = espessura do CP antes da imersão (mm)

I = inchamento em espessura do CP (resultado %)



Porcentagem	Painel/C.P.	Espessura Inicial C.P. mm (E0)	Espessura C.P. 2h mm (E1)	Resultado 2h %	Resultados				Geral
					cana 1-1	cana 1-2	cana 1-3	cana 1-4	
100%	Cana 1-1/4	12,16	12,79	5,181	10,977	10,565	4,619	5,537	10,977
100%	Cana 1-1/7	12,39	13,75	10,977	8,677	6,429	4,162	4,275	5,886
100%	Cana 1-1/12	12,56	13,8	9,873	5,181	4,255	3,912	3,176	3,176
100%	Cana 1-2/4	12,09	12,63	4,467	3,077	3,584	0,397	1,189	2,840
100%	Cana 1-2/7	12,22	12,74	4,255					
100%	Cana 1-2/12	12,21	13,5	10,565					
100%	Cana 1-3/4	12,14	12,62	3,954					
100%	Cana 1-3/7	12,27	12,75	3,912					
100%	Cana 1-3/12	12,34	12,91	4,619					
100%	Cana 1-4/4	12,16	12,66	4,112					
100%	Cana 1-4/7	12,28	12,67	3,176					
100%	Cana 1-4/12	12,28	12,96	5,537					

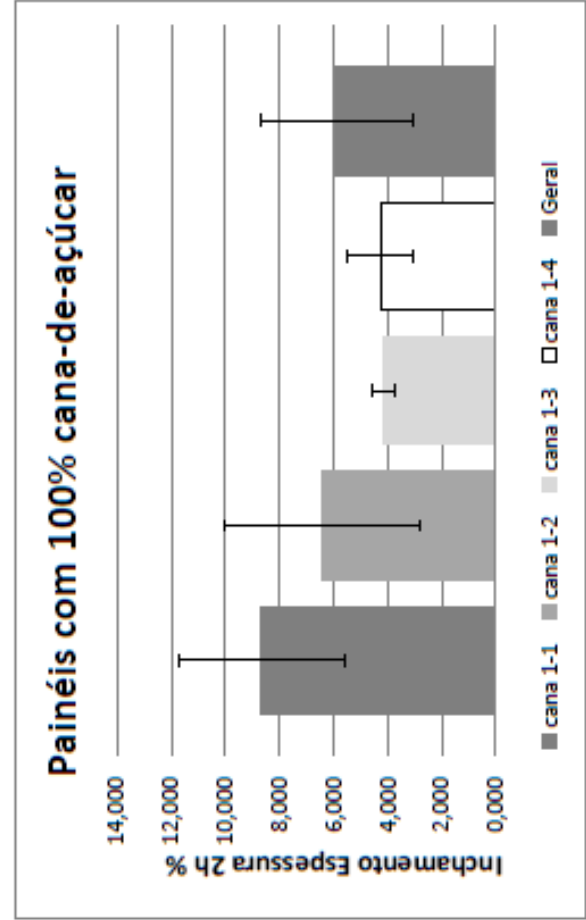
Inchamento Espessura 2h

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

E1 = espessura do CP após a imersão (mm)

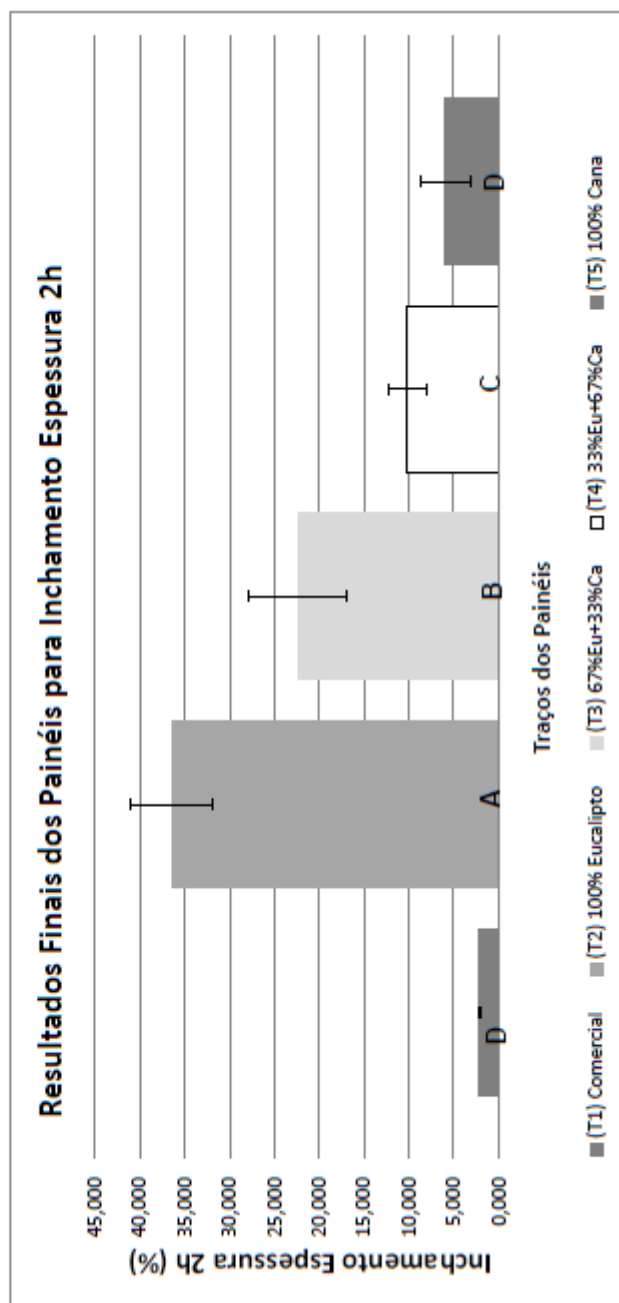
E0 = espessura do CP antes da imersão (mm)

I = inchamento em espessura do CP (resultado %)



Avaliação Final Inchamento Espessura 2h

Resultados	(T1) Comercial (%)	(T2) 100% Eucalipto (%)	(T3) 67%Eu+33%Ca (%)	(T4) 33%Eu+67%Ca (%)	(T5) 100% Cana (%)
Máximo	2,373	44,967	30,933	13,603	10,977
Média	2,095	36,474	22,422	10,176	5,886
Mínima	1,881	31,146	14,391	6,404	3,176
Desvio Padrão	0,169	4,640	5,514	2,197	2,840

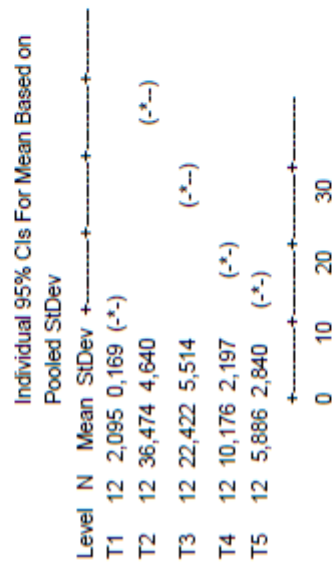


One-way ANOVA: T1; T2; T3; T4; T5

Inchamento espessura 2h

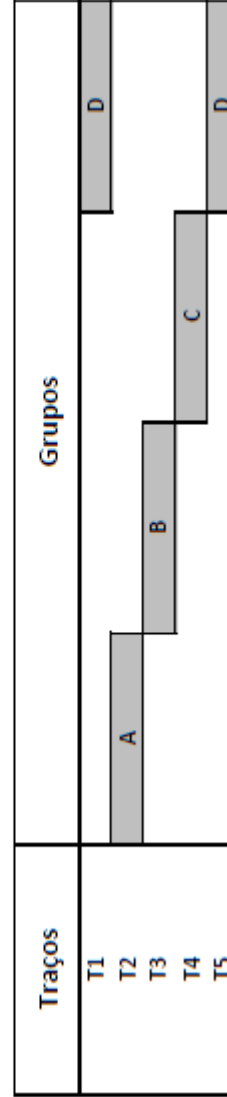
Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	9459,1	2364,8	182,32	0,000
Error	55	713,4	13,0		
Total	59	10172,4			

S = 3,601 R-Sq = 92,99% R-Sq(adj) = 92,48%



Pooled StDev = 3,601
 Grouping Information
 Using Tukey Method

N	Mean	Grouping
T2	12	36,474 A
T3	12	22,422 B
T4	12	10,176 C
T5	12	5,886 D
T1	12	2,095 D



APÊNDICE C – Dados Inchamento em Espessura 24h

Porcentagem	Painel/C.P.	Espessura Inicial C.P. mm (E0)	Espessura C.P. 24h mm (E1)	Resultado 24h %	Resultados				Geral
					Com. 1-1	Com. 1-2	Com. 1-3	Com. 1-4	
100%	Comercial 1-1/4	12,25	13,62	11,184	11,184	8,831	9,039	9,046	11,184
100%	Comercial 1-1/7	12,23	13,28	8,585	9,580	8,715	8,841	8,915	9,013
100%	Comercial 1-1/12	12,26	13,36	8,972	8,585	8,592	8,592	8,653	8,585
100%	Comercial 1-2/4	12,27	13,34	8,720	1,402	0,119	0,227	0,227	0,708
100%	Comercial 1-2/7	12,22	13,27	8,592					
100%	Comercial 1-2/12	12,23	13,31	8,831					
100%	Comercial 1-3/4	12,26	13,35	8,891					
100%	Comercial 1-3/7	12,22	13,27	8,592					
100%	Comercial 1-3/12	12,28	13,39	9,039					
100%	Comercial 1-4/4	12,27	13,38	9,046					
100%	Comercial 1-4/7	12,27	13,38	9,046					
100%	Comercial 1-4/12	12,25	13,31	8,653					

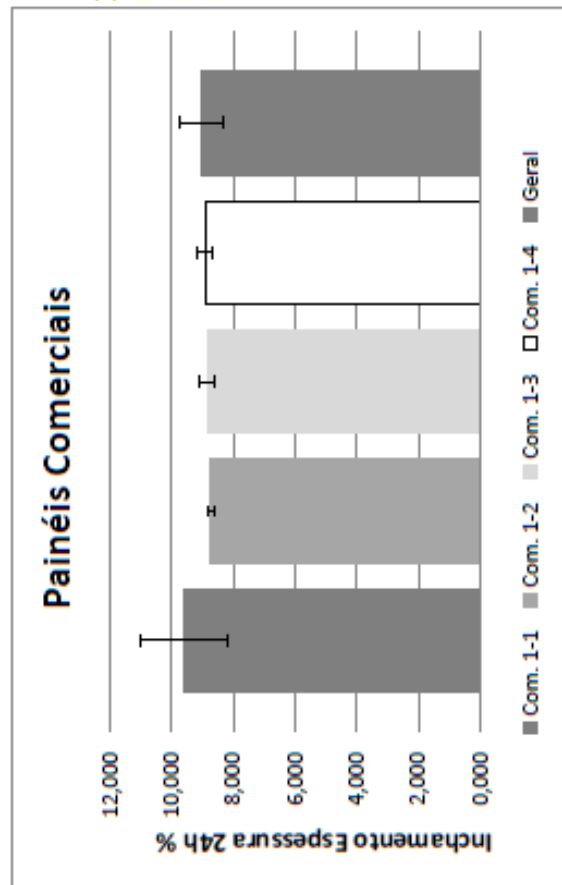
Inchamento Espessura 24h

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

E1 = espessura do CP após a imersão (mm)

E0 = espessura do CP antes da imersão (mm)

I = inchamento em espessura do CP (resultado %)



Porcentagem	Painel/C.P.	Espessura Inicial C.P. mm (E0)	Espessura C.P. 24h mm (E1)	Resultado 24h %	Resultados				Geral
					Euca. 1-1	Euca. 1-2	Euca. 1-3	Euca. 1-4	
100%	Eucalipto 1-1/4	12,3	18,17	47,724	47,724	48,264	59,406	48,066	59,406
100%	Eucalipto 1-1/7	12,18	17,74	45,649	45,649	44,057	53,593	45,673	47,820
100%	Eucalipto 1-1/12	12,05	17,45	44,813	44,813	44,057	47,804	41,860	41,860
100%	Eucalipto 1-2/4	12,1	17,94	48,264	48,264	44,057	5,801	3,337	4,639
100%	Eucalipto 1-2/7	12,03	17,33	44,057	44,057	45,537			
100%	Eucalipto 1-2/12	12,1	17,61	45,537	45,537	59,406			
100%	Eucalipto 1-3/4	12,12	19,32	59,406	59,406	53,568			
100%	Eucalipto 1-3/7	12,19	18,72	53,568	53,568	47,804			
100%	Eucalipto 1-3/12	12,07	17,84	47,804	47,804	47,093			
100%	Eucalipto 1-4/4	12,21	17,96	47,093	47,093	48,066			
100%	Eucalipto 1-4/7	12,15	17,99	48,066	48,066	41,860			
100%	Eucalipto 1-4/12	12,04	17,08	41,860	41,860				

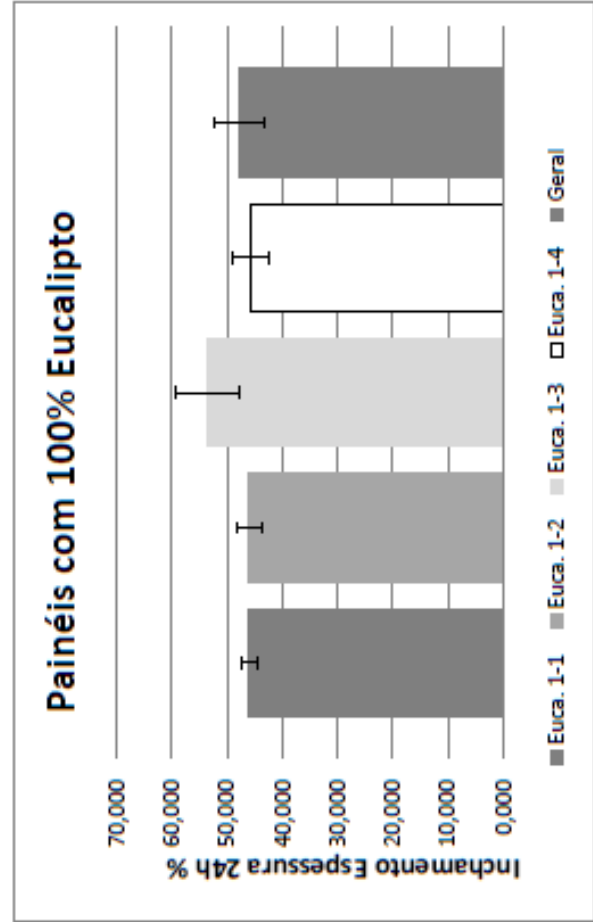
Inchamento Espessura 24h

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

E1 = espessura do CP após a imersão (mm)

E0 = espessura do CP antes da imersão (mm)

I = inchamento em espessura do CP (resultado %)



Porcentagem	Painel/C.P.	Espessura Inicial C.P. mm (E0)	Espessura C.P. 24h mm (E1)	Resultado 24h %	Resultados				Geral
					Eu+Ca 1-1	Eu+Ca 1-2	Eu+Ca 1-3	Eu+Ca 1-4	
67%+33%	Euca+Cana 1-1/4	12,23	18,01	47,261	47,261	50,900	53,377	44,472	53,377
67%+33%	Euca+Cana 1-1/7	12,21	17,52	43,489	43,489	47,570	47,347	41,759	45,013
67%+33%	Euca+Cana 1-1/12	12,09	16,85	39,371	39,371	42,834	41,240	38,675	38,675
67%+33%	Euca+Cana 1-2/4	12,21	18,19	48,976	48,976	18,19	4,213	2,916	4,603
67%+33%	Euca+Cana 1-2/7	12,22	18,44	50,900	50,900	18,44			
67%+33%	Euca+Cana 1-2/12	12,21	17,44	42,834	42,834	17,44			
67%+33%	Euca+Cana 1-3/4	12,29	18,85	53,377	53,377	18,85			
67%+33%	Euca+Cana 1-3/7	12,23	18,03	47,424	47,424	18,03			
67%+33%	Euca+Cana 1-3/12	12,1	17,09	41,240	41,240	17,09			
67%+33%	Euca+Cana 1-4/4	12,3	17,77	44,472	44,472	17,77			
67%+33%	Euca+Cana 1-4/7	12,23	16,96	38,675	38,675	16,96			
67%+33%	Euca+Cana 1-4/12	12,2	17,34	42,131	42,131	17,34			

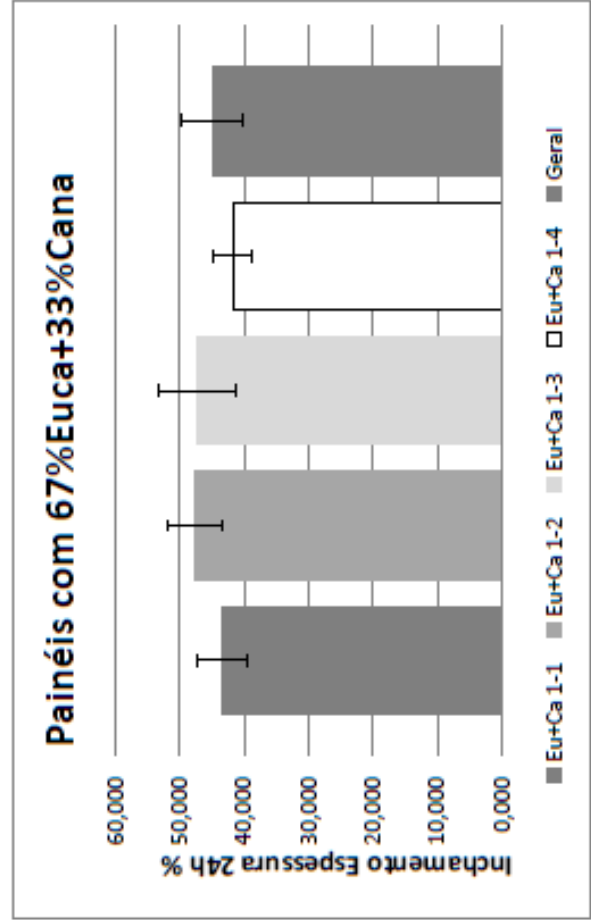
Inchamento Espessura 24h

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

E1 = espessura do CP após a imersão (mm)

E0 = espessura do CP antes da imersão (mm)

I = inchamento em espessura do CP (resultado %)



Porcentagem	Painel/C.P.	Espessura Inicial C.P. mm (E0)	Espessura C.P. 24h mm (E1)	Resultado 24h %	Resultados				Geral
					Eu+Ca 1-1	Eu+Ca 1-2	Eu+Ca 1-3	Eu+Ca 1-4	
33%+67%	Euca+Cana 1-1/4	12,28	16,7	35,993	41,619	24,733	39,127	31,459	41,619
33%+67%	Euca+Cana 1-1/7	12,37	17,35	40,259	39,291	23,217	33,641	28,906	31,264
33%+67%	Euca+Cana 1-1/12	12,35	17,49	41,619	35,993	22,076	29,721	26,108	22,076
33%+67%	Euca+Cana 1-2/4	12,14	14,82	22,076	Desvio Padrão	1,368	4,895	2,684	6,772
33%+67%	Euca+Cana 1-2/7	12,17	14,95	22,843					
33%+67%	Euca+Cana 1-2/12	12,17	15,18	24,733					
33%+67%	Euca+Cana 1-3/4	12,37	17,21	39,127					
33%+67%	Euca+Cana 1-3/7	12,19	16,1	32,075					
33%+67%	Euca+Cana 1-3/12	12,18	15,8	29,721					
33%+67%	Euca+Cana 1-4/4	12,11	15,64	29,149					
33%+67%	Euca+Cana 1-4/7	12,27	16,13	31,459					
33%+67%	Euca+Cana 1-4/12	12,18	15,36	26,108					

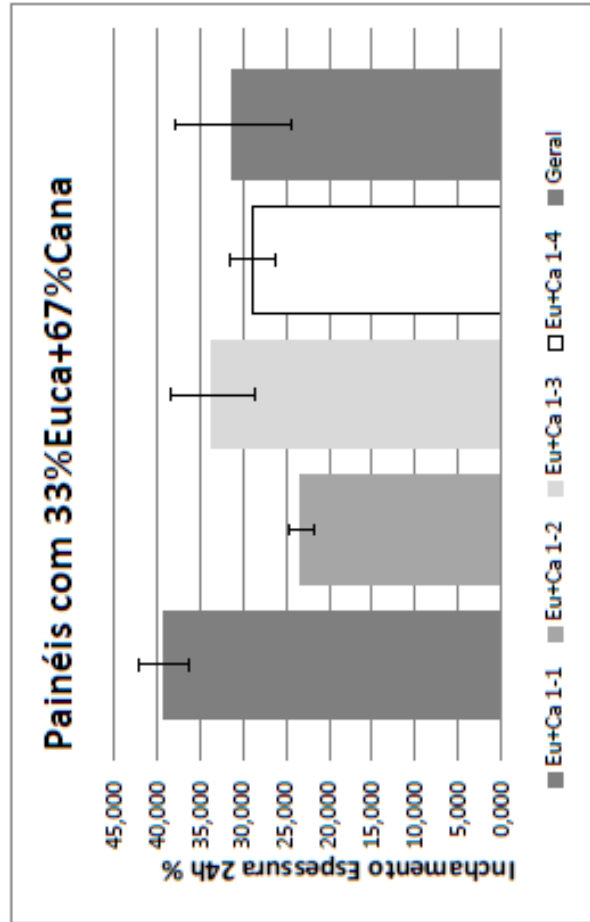
Inchamento Espessura 24h

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

E1 = espessura do CP após a imersão (mm)

E0 = espessura do CP antes da imersão (mm)

I = inchamento em espessura do CP (resultado %)



Porcentagem	Painel/C.P.	Espessura Inicial C.P. mm (E0)	Espessura C.P. 24h mm (E1)	Resultado 24h %	Resultados	cana 1-1	cana 1-2	cana 1-3	cana 1-4	Geral
100%	Cana 1-1/4	12,16	15,23	25,247	Máximo	44,506	36,937	24,716	16,287	44,506
100%	Cana 1-1/7	12,39	16,79	35,513	Média	35,089	20,154	19,597	12,002	21,710
100%	Cana 1-1/12	12,56	18,15	44,506	Mínima	25,247	11,249	16,145	9,704	9,704
100%	Cana 1-2/4	12,09	13,45	11,249	Desvio Padrão	9,637	14,544	4,522	3,714	11,746
100%	Cana 1-2/7	12,22	13,72	12,275						
100%	Cana 1-2/12	12,21	16,72	36,937						
100%	Cana 1-3/4	12,14	14,1	16,145						
100%	Cana 1-3/7	12,27	14,47	17,930						
100%	Cana 1-3/12	12,34	15,39	24,716						
100%	Cana 1-4/4	12,16	13,34	9,704						
100%	Cana 1-4/7	12,28	13,51	10,016						
100%	Cana 1-4/12	12,28	14,28	16,287						

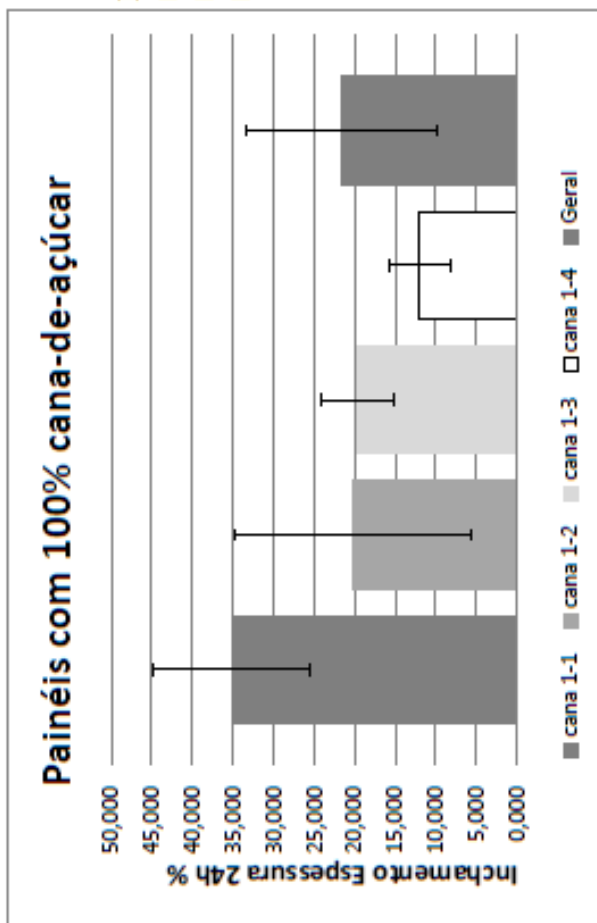
Inchamento Espessura 24h

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

E1 = espessura do CP após a imersão (mm)

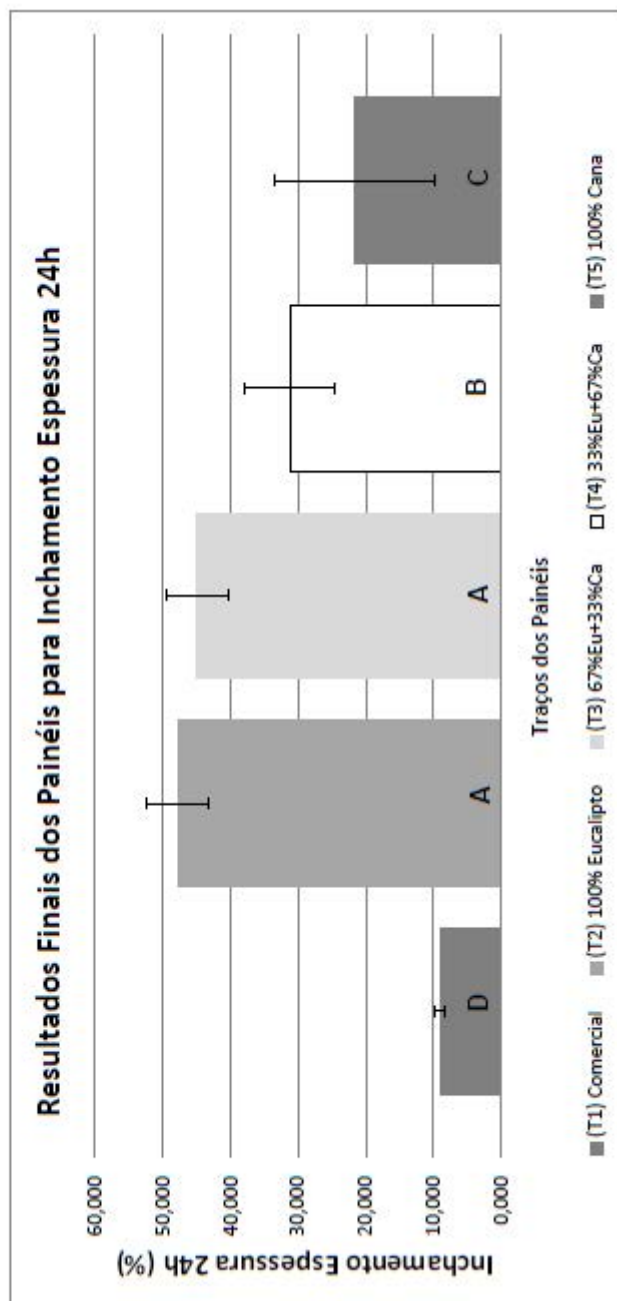
E0 = espessura do CP antes da imersão (mm)

I = inchamento em espessura do CP (resultado %)



Avaliação Final Inchamento Espessura 24h

Resultados	(T1) Comercial (%)	(T2) 100% Eucalipto (%)	(T3) 67%Eu+33%Ca (%)	(T4) 33%Eu+67%Ca (%)	(T5) 100% Cana (%)
Máximo	11,184	59,406	53,377	41,619	44,506
Média	9,013	47,820	45,013	31,264	21,710
Mínima	8,585	41,860	38,675	22,076	9,704
Desvio Padrão	0,708	4,639	4,603	6,772	11,746



One-way ANOVA: T1; T2; T3; T4; T5

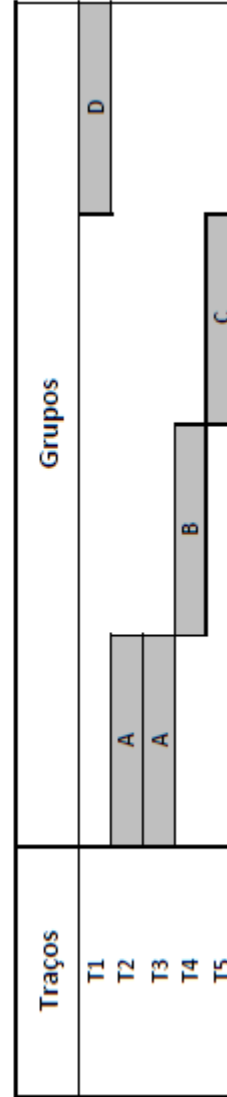
Inchamento espessura 24h

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	12588,8	3147,2	69,31	0,000
Error	55	2497,4	45,4		
Total	59	15086,2			

S = 6,738 R-Sq = 83,45% R-Sq(adj) = 82,24%

Level	N	Mean	StDev	Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev	Grouping Information Using Tukey Method
T1	12	9,013	0,708	(---*-)	T2 12 47,820 A
T2	12	47,820	4,639	(-*--)	T3 12 45,013 A
T3	12	45,013	4,603	(---*-)	T4 12 31,264 B
T4	12	31,264	6,772	(-*--)	T5 12 21,710 C
T5	12	21,710	11,746	(---*-)	T1 12 9,013 D

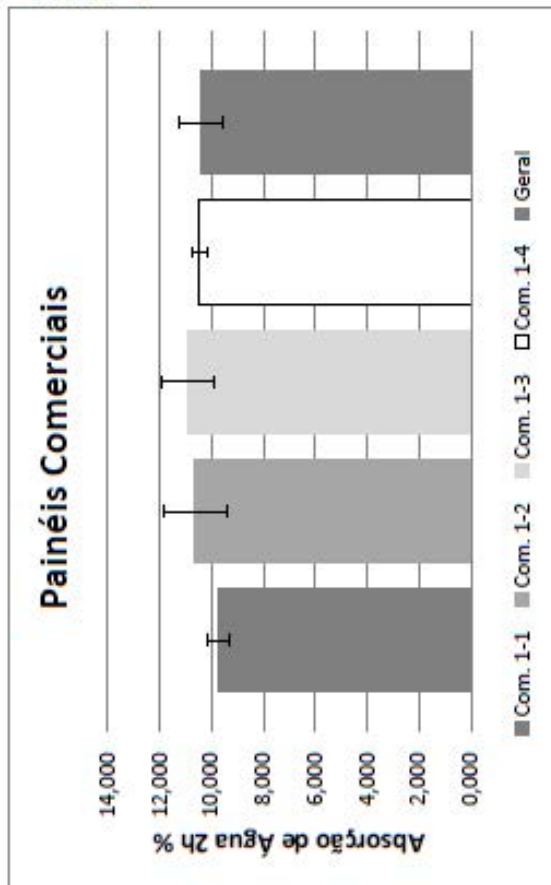
Pooled StDev = 6,738



APÊNDICE D – Dados Absorção de Água 2h

Porcentagem	Painel/C.P.	Massa Inicial C.P. Gramas (M0)	Massa C.P. 2h Gramas (M1)	Resultado 2h %	Resultados				Geral
					Com. 1-1	Com. 1-2	Com. 1-3	Com. 1-4	
100%	Comercial 1-1/4	21,7	23,9	10,138	10,138	11,982	11,682	10,748	11,982
100%	Comercial 1-1/7	21,5	23,6	9,767	9,767	10,631	10,888	10,453	10,427
100%	Comercial 1-1/12	21,5	23,5	9,302	9,302	9,302	9,767	10,185	9,302
100%	Comercial 1-2/4	21,7	24,3	11,982	11,982	0,419	0,998	0,282	0,831
100%	Comercial 1-2/7	21,7	23,8	9,677	9,677				
100%	Comercial 1-2/12	21,5	23,7	10,233	10,233				
100%	Comercial 1-3/4	21,4	23,8	11,215	11,215				
100%	Comercial 1-3/7	21,5	23,6	9,767	9,767				
100%	Comercial 1-3/12	21,4	23,9	11,682	11,682				
100%	Comercial 1-4/4	21,1	23,3	10,427	10,427				
100%	Comercial 1-4/7	21,4	23,7	10,748	10,748				
100%	Comercial 1-4/12	21,6	23,8	10,185	10,185				

Absorção de Água 2h



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

M1 = massa do CP após a imersão [g]

M0 = massa do CP antes da imersão [g]

A = absorção de água (Resultado %)

Porcentagem	Painel/C.P.	Massa Inicial C.P. Gramas (M0)	Massa C.P. 2h Gramas (M1)	Resultado 2h %	Resultados				Geral
					Euca. 1-1	Euca. 1-2	Euca. 1-3	Euca. 1-4	
100%	Eucalipto 1-1/4	24,7	48,7	97,166	131,841	109,314	89,960	102,591	131,841
100%	Eucalipto 1-1/7	23,1	49,2	112,987	113,998	96,911	87,771	86,074	96,188
100%	Eucalipto 1-1/12	20,1	46,6	131,841	97,166	87,054	83,475	72,603	72,603
100%	Eucalipto 1-2/4	20,4	42,7	109,314	17,359	11,346	3,721	15,224	16,023
100%	Eucalipto 1-2/7	21,3	41,4	94,366					
100%	Eucalipto 1-2/12	22,4	41,9	87,054					
100%	Eucalipto 1-3/4	24,7	46,9	89,879					
100%	Eucalipto 1-3/7	24,9	47,3	89,960					
100%	Eucalipto 1-3/12	23,6	43,3	83,475					
100%	Eucalipto 1-4/4	21,9	37,8	72,603					
100%	Eucalipto 1-4/7	21,8	39,9	83,028					
100%	Eucalipto 1-4/12	19,3	39,1	102,591					

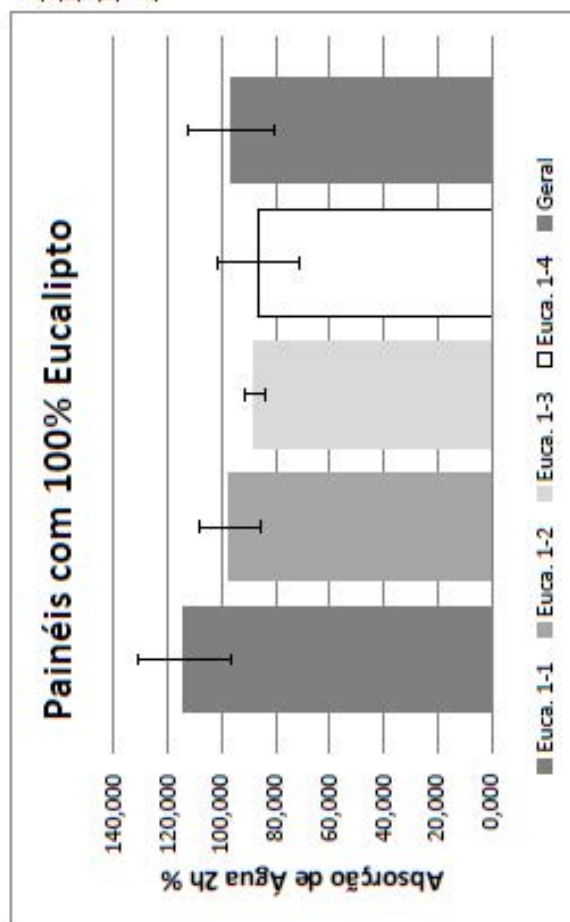
Absorção de Água 2h

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

M1 = massa do CP após a imersão [g]

M0 = massa do CP antes da imersão [g]

A = absorção de água (Resultado %)



Porcentagem	Painel/C.P.	Massa Inicial C.P. Gramas (M0)	Massa C.P. 2h Gramas (M1)	Resultado 2h %	Resultados				Geral
					Eu+Ca 1-1	Eu+Ca 1-2	Eu+Ca 1-3	Eu+Ca 1-4	
67%+33%	Euca+Cana 1-1/4	22,2	38,3	72,523	72,523	84,112	55,144	34,722	84,112
67%+33%	Euca+Cana 1-1/7	23,7	35,6	50,211	61,376	72,734	49,742	32,842	54,174
67%+33%	Euca+Cana 1-1/12	21,5	34,7	61,395	50,211	63,556	44,082	30,172	30,172
67%+33%	Euca+Cana 1-2/4	22,4	38,2	70,536	11,156	10,453	5,536	2,376	16,931
67%+33%	Euca+Cana 1-2/7	21,4	39,4	84,112					
67%+33%	Euca+Cana 1-2/12	22,5	36,8	63,556					
67%+33%	Euca+Cana 1-3/4	24,3	37,7	55,144					
67%+33%	Euca+Cana 1-3/7	24,5	35,3	44,082					
67%+33%	Euca+Cana 1-3/12	22,2	33,3	50,000					
67%+33%	Euca+Cana 1-4/4	21,6	29,1	34,722					
67%+33%	Euca+Cana 1-4/7	23,2	30,2	30,172					
67%+33%	Euca+Cana 1-4/12	22,3	29,8	33,632					

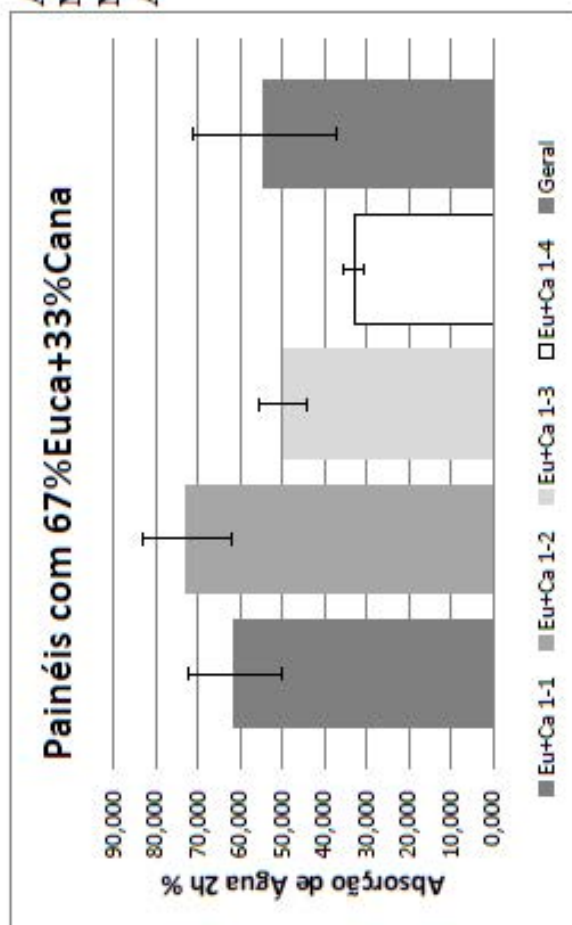
Absorção de Água 2h

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

M1 = massa do CP após a imersão [g]

M0 = massa do CP antes da imersão [g]

A = absorção de água (Resultado %)



Porcentagem	Painel/C.P.	Massa Inicial C.P. Gramas (M0)	Massa C.P. 2h Gramas (M1)	Resultado 2h %	Resultados				Geral
					Eu+Ca 1-1	Eu+Ca 1-2	Eu+Ca 1-3	Eu+Ca 1-4	
33%+67%	Euca+Cana 1-1/4	22,6	27	19,469	23,611	13,364	20,909	18,519	23,611
33%+67%	Euca+Cana 1-1/7	21,6	26,7	23,611	20,469	13,079	18,156	17,427	17,283
33%+67%	Euca+Cana 1-1/12	25,1	29,7	18,327	18,327	12,658	16,518	16,505	12,658
33%+67%	Euca+Cana 1-2/4	21,7	24,6	13,364	2,780	0,372	2,399	1,018	3,235
33%+67%	Euca+Cana 1-2/7	22,7	25,7	13,216					
33%+67%	Euca+Cana 1-2/12	23,7	26,7	12,658					
33%+67%	Euca+Cana 1-3/4	22	26,6	20,909					
33%+67%	Euca+Cana 1-3/7	22,4	26,1	16,518					
33%+67%	Euca+Cana 1-3/12	22,3	26,1	17,040					
33%+67%	Euca+Cana 1-4/4	21,6	25,6	18,519					
33%+67%	Euca+Cana 1-4/7	22,6	26,5	17,257					
33%+67%	Euca+Cana 1-4/12	20,6	24	16,505					

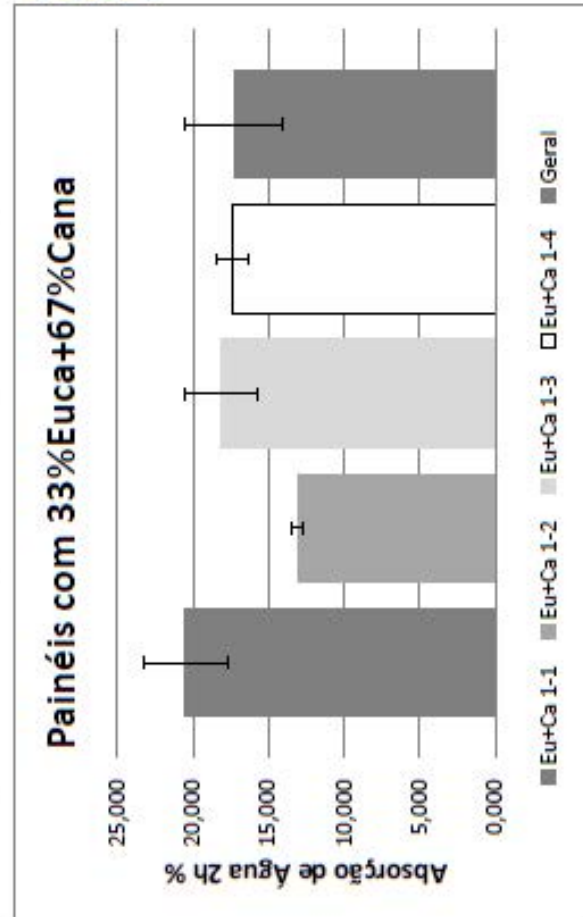
Absorção de Água 2h

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

M1 = massa do CP após a imersão [g]

M0 = massa do CP antes da imersão [g]

A = absorção de água (Resultado %)



Porcentagem	Painel/C.P.	Peso Inicial C.P. Gramas (M0)	Peso C.P. 2h Gramas (M1)	Resultado 2h %	Resultados				Geral
					cana 1-1	cana 1-2	cana 1-3	cana 1-4	
100%	Cana 1-1/4	22,7	25,5	12,335	17,937	9,881	10,256	9,459	17,937
100%	Cana 1-1/7	24,7	28,4	14,980	15,084	9,461	9,386	8,872	10,701
100%	Cana 1-1/12	22,3	26,3	17,937	12,335	8,811	8,772	8,571	8,571
100%	Cana 1-2/4	22,7	24,9	9,692	2,803	0,571	0,775	0,509	2,947
100%	Cana 1-2/7	22,7	24,7	8,811					
100%	Cana 1-2/12	25,3	27,8	9,881					
100%	Cana 1-3/4	23	25,1	9,130					
100%	Cana 1-3/7	22,8	24,8	8,772					
100%	Cana 1-3/12	23,4	25,8	10,256					
100%	Cana 1-4/4	23,3	25,3	8,584					
100%	Cana 1-4/7	22,2	24,3	9,459					
100%	Cana 1-4/12	24,5	26,6	8,571					

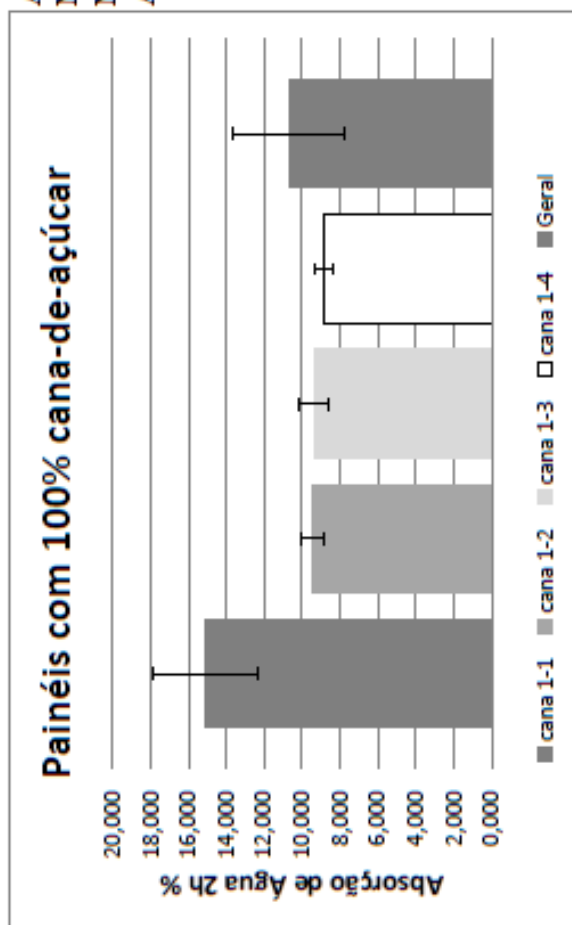
Absorção de Água 2h

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

M1 = massa do CP após a imersão [g]

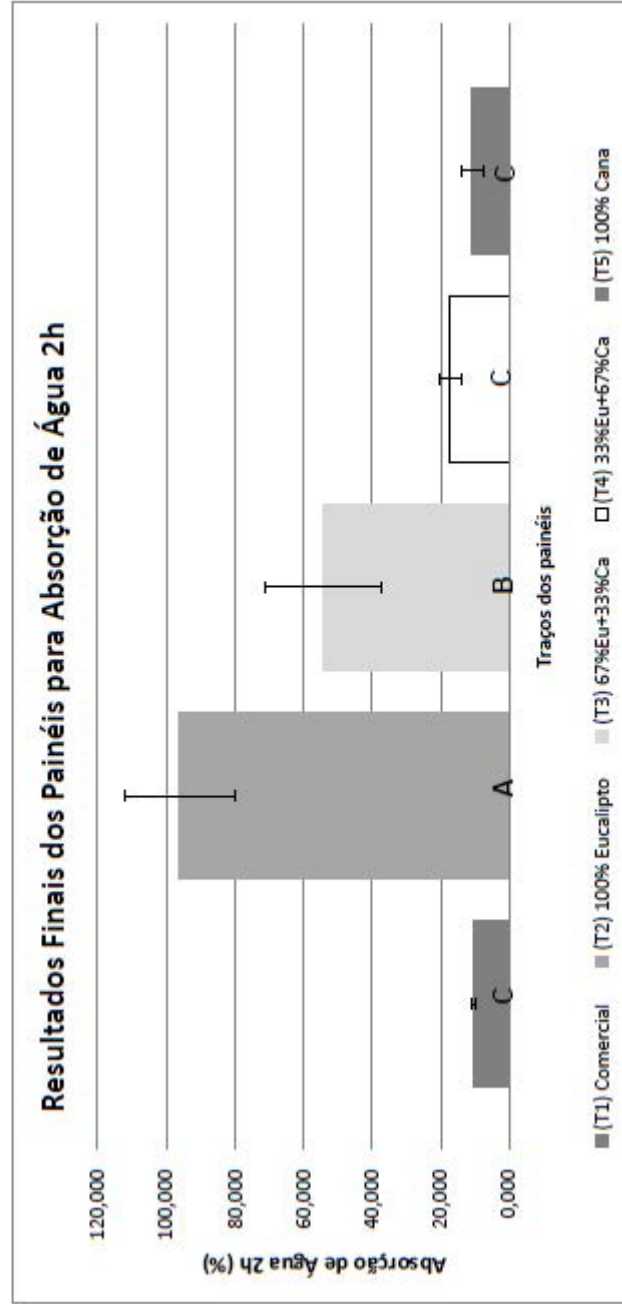
M0 = massa do CP antes da imersão [g]

A = absorção de água (Resultado %)



Avaliação Final Absorção de Água 2h

Resultados	(T1) Comercial (%)	(T2) 100% Eucalipto (%)	(T3) 67%Eu+33%Ca (%)	(T4) 33%Eu+67%Ca (%)	(T5) 100% Cana (%)
Máximo	11,982	131,841	84,112	23,611	17,937
Média	10,427	96,188	54,174	17,283	10,701
Mínima	9,302	72,603	30,172	12,658	8,571
Desvio Padrão	0,831	16,023	16,931	3,235	2,947



T1	T2	T3	T4	T5
10,138	97,166	72,523	19,469	12,335
9,767	112,987	50,211	23,611	14,980
9,302	131,841	61,395	18,327	17,937
11,982	109,314	70,536	13,364	9,692
9,677	94,366	84,112	13,216	8,811
10,233	87,054	63,556	12,658	9,881
11,215	89,879	55,144	20,909	9,130
9,767	89,960	44,082	16,518	8,772
11,682	83,475	50,000	17,040	10,256
10,427	72,603	34,722	18,519	8,584
10,748	83,028	30,172	17,257	9,459
10,185	102,591	33,632	16,505	8,571

Absorção de água 2h

Anova: fator único

RESUMO

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
T1	12	125,1235877	10,42696565	0,690224134
T2	12	1154,261189	96,18843245	256,7285325
T3	12	650,0848498	54,17373748	286,651157
T4	12	207,3922899	17,28269083	10,46607661
T5	12	128,408758	10,70072984	8,686303375

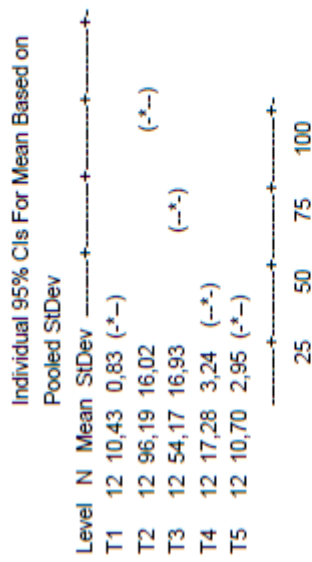
ANOVA

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	66982,93687	4	16745,73422	148,6600798	0,000000000000000000	2,539689
Dentro dos grupos	6195,44523	55	112,6444587			
Total	73178,3821	59				

One-way ANOVA: T1; T2; T3; T4; T5

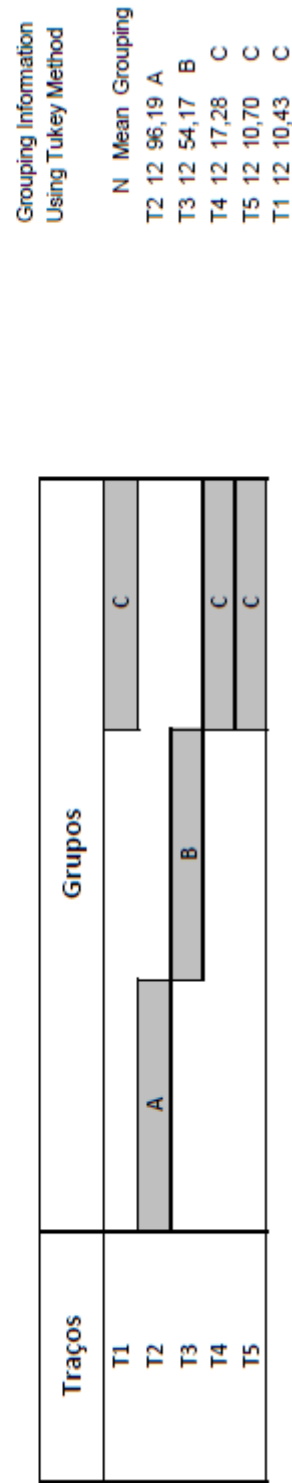
Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	66983	16746	148,66	0,000
Error	55	6195	113		
Total	59	73178			

S = 10,61 R-Sq = 91,53% R-Sq(adj) = 90,92%



Absorção de água 2h

Pooled StDev = 10,61

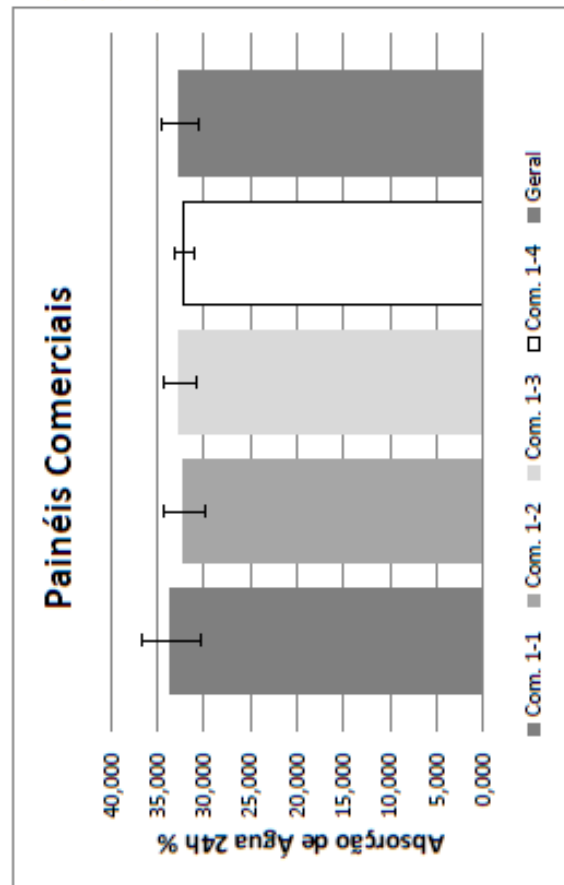


APÊNDICE E – Dados Absorção de Água 24h

Porcentagem	Painel/C.P.	Massa Inicial C.P. Gramas (M0)	Massa C.P. 24h Gramas (M1)	Resultado 24h %	Resultados				Geral
					Com. 1-1	Com. 1-2	Com. 1-3	Com. 1-4	
100%	Comercial 1-1/4	21,7	28,6	31,797	37,209	34,419	34,112	32,710	37,209
100%	Comercial 1-1/7	21,5	28,3	31,628	33,545	32,210	32,662	32,143	32,640
100%	Comercial 1-1/12	21,5	29,5	37,209	31,628	29,954	30,698	31,019	29,954
100%	Comercial 1-2/4	21,7	28,7	32,258	3,175	2,233	1,765	0,974	1,954
100%	Comercial 1-2/7	21,7	28,2	29,954					
100%	Comercial 1-2/12	21,5	28,9	34,419					
100%	Comercial 1-3/4	21,4	28,7	34,112					
100%	Comercial 1-3/7	21,5	28,1	30,698					
100%	Comercial 1-3/12	21,4	28,5	33,178					
100%	Comercial 1-4/4	21,1	28	32,701					
100%	Comercial 1-4/7	21,4	28,4	32,710					
100%	Comercial 1-4/12	21,6	28,3	31,019					

Absorção de Água 24h

$A = [(M1 - M0) / M0] \times 100$
 M1 = massa do CP após a imersão [g]
 M0 = massa do CP antes da imersão [g]
 A = absorção de água (Resultado %)



Porcentagem	Painel/C.P.	Massa Inicial C.P. Gramas (M0)	Massa C.P. 24h Gramas (M1)	Resultado 24h %	Resultados				Geral
					Euca. 1-1	Euca. 1-2	Euca. 1-3	Euca. 1-4	
100%	Eucalipto 1-1/4	24,7	52,7	113,360	148,259	138,725	118,219	134,197	148,259
100%	Eucalipto 1-1/7	23,1	53,1	129,870	130,496	126,075	113,732	125,284	123,897
100%	Eucalipto 1-1/12	20,1	49,9	148,259	113,360	116,964	109,322	119,178	109,322
100%	Eucalipto 1-2/4	20,4	48,7	138,725	17,458	11,304	4,449	7,893	11,638
100%	Eucalipto 1-2/7	21,3	47,4	122,535					
100%	Eucalipto 1-2/12	22,4	48,6	116,964					
100%	Eucalipto 1-3/4	24,7	53,9	118,219					
100%	Eucalipto 1-3/7	24,9	53,2	113,655					
100%	Eucalipto 1-3/12	23,6	49,4	109,322					
100%	Eucalipto 1-4/4	21,9	48	119,178					
100%	Eucalipto 1-4/7	21,8	48,5	122,477					
100%	Eucalipto 1-4/12	19,3	45,2	134,197					

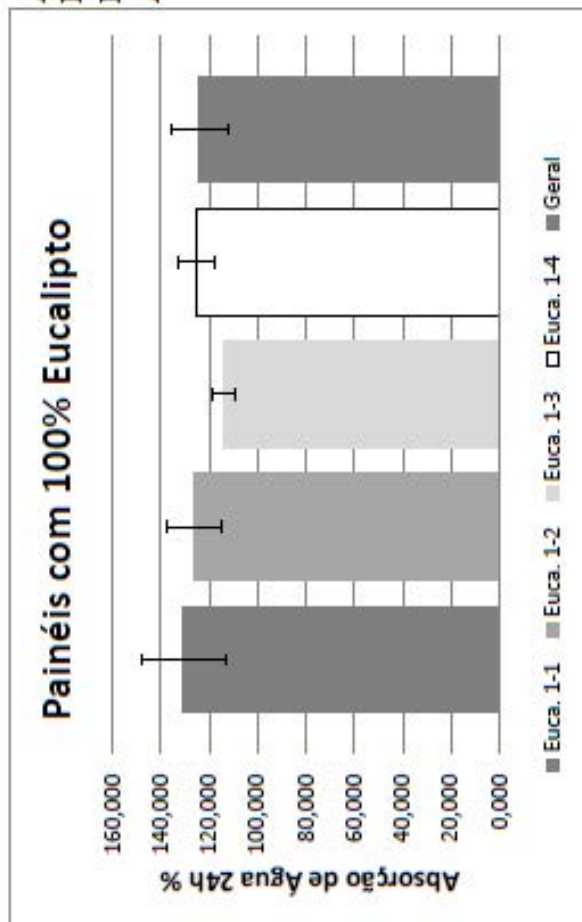
Absorção de Água 24h

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

M1 = massa do CP após a imersão [g]

M0 = massa do CP antes da imersão [g]

A = absorção de água (Resultado %)



Porcentagem	Painel/C.P.	Massa Inicial C.P. Gramas (M0)	Massa C.P. 24h Gramas (M1)	Resultado 24h %	Resultados				Geral
					Eu+Ca 1-1	Eu+Ca 1-2	Eu+Ca 1-3	Eu+Ca 1-4	
67%+33%	Euca+Cana 1-1/4	22,2	49	120,721	120,721	132,243	110,700	105,556	132,243
67%+33%	Euca+Cana 1-1/7	23,7	48,5	104,641	112,175	122,637	106,663	98,110	109,896
67%+33%	Euca+Cana 1-1/12	21,5	45,4	111,163	104,641	110,667	101,633	89,224	89,224
67%+33%	Euca+Cana 1-2/4	22,4	50,4	125,000	8,087	10,981	4,615	8,261	11,684
67%+33%	Euca+Cana 1-2/7	21,4	49,7	132,243					
67%+33%	Euca+Cana 1-2/12	22,5	47,4	110,667					
67%+33%	Euca+Cana 1-3/4	24,3	51,2	110,700					
67%+33%	Euca+Cana 1-3/7	24,5	49,4	101,633					
67%+33%	Euca+Cana 1-3/12	22,2	46,1	107,658					
67%+33%	Euca+Cana 1-4/4	21,6	44,4	105,556					
67%+33%	Euca+Cana 1-4/7	23,2	43,9	89,224					
67%+33%	Euca+Cana 1-4/12	22,3	44,5	99,552					

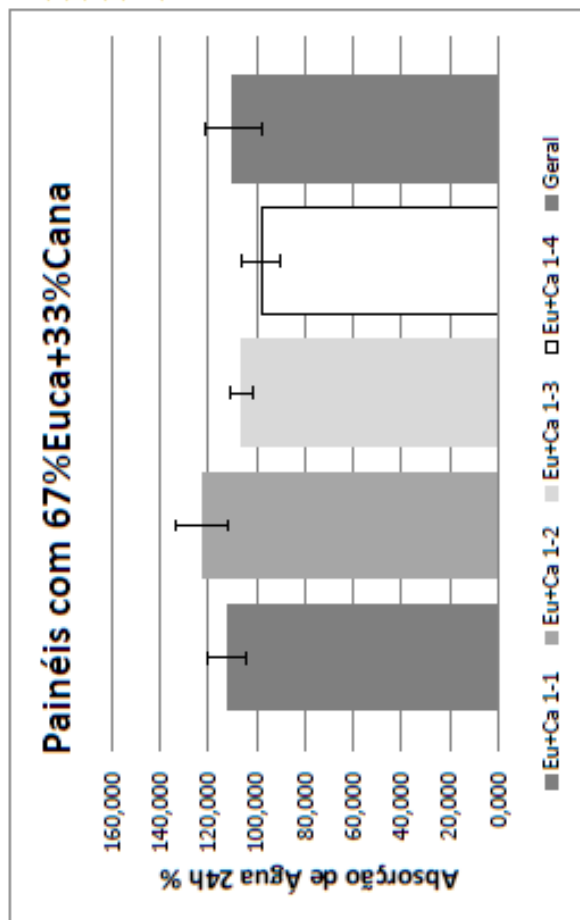
Absorção de Água 24h

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

M1 = massa do CP após a imersão [g]

M0 = massa do CP antes da imersão [g]

A = absorção de água (Resultado %)



Porcentagem	Painel/C.P.	Peso Inicial C.P. Gramas (M0)	Peso C.P. 24h Gramas (M1)	Resultado 24h %	Resultados				Geral
					Eu+Ca 1-1	Eu+Ca 1-2	Eu+Ca 1-3	Eu+Ca 1-4	
33%+67%	Euca+Cana 1-1/4	22,6	37,9	67,699	82,870	45,570	81,364	63,274	82,870
33%+67%	Euca+Cana 1-1/7	21,6	39,5	82,870	73,696	44,334	66,193	60,541	61,191
33%+67%	Euca+Cana 1-1/12	25,1	42,8	70,518	67,699	42,731	56,054	56,311	42,731
33%+67%	Euca+Cana 1-2/4	21,7	31,4	44,700	8,069	1,454	13,384	3,715	13,206
33%+67%	Euca+Cana 1-2/7	22,7	32,4	42,731					
33%+67%	Euca+Cana 1-2/12	23,7	34,5	45,570					
33%+67%	Euca+Cana 1-3/4	22	39,9	81,364					
33%+67%	Euca+Cana 1-3/7	22,4	36,1	61,161					
33%+67%	Euca+Cana 1-3/12	22,3	34,8	56,054					
33%+67%	Euca+Cana 1-4/4	21,6	35	62,037					
33%+67%	Euca+Cana 1-4/7	22,6	36,9	63,274					
33%+67%	Euca+Cana 1-4/12	20,6	32,2	56,311					

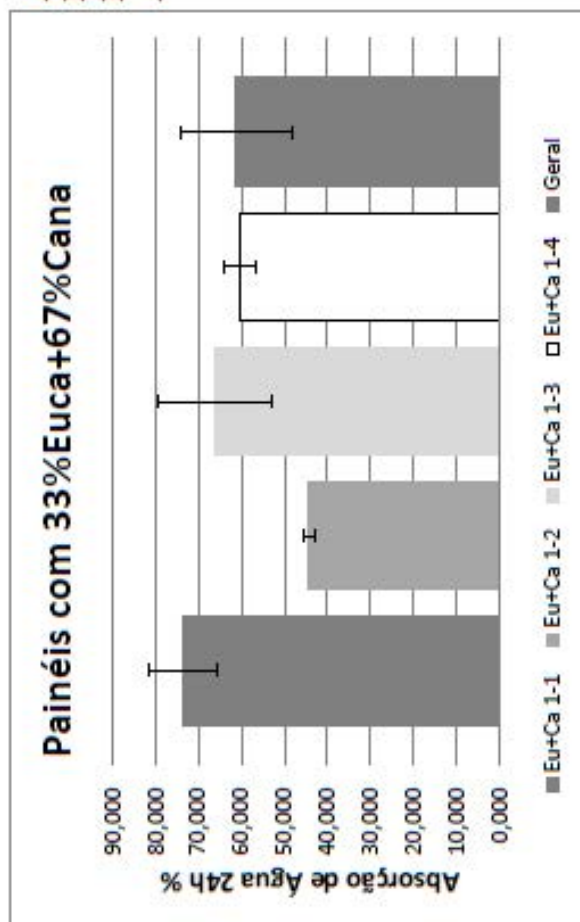
Absorção de Água 24h

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

M1 = massa do CP após a imersão [g]

M0 = massa do CP antes da imersão [g]

A = absorção de água (Resultado %)



Porcentagem	Painel/C.P.	Peso Inicial C.P. Gramas (M0)	Peso C.P. 24h Gramas (M1)	Resultado 24h %	Resultados				Geral
					cana 1-1	cana 1-2	cana 1-3	cana 1-4	
100%	Cana 1-1/4	22,7	33,7	48,458	78,027	46,245	42,735	27,347	78,027
100%	Cana 1-1/7	24,7	38,8	57,085	61,190	35,679	35,938	25,392	39,550
100%	Cana 1-1/12	22,3	39,7	78,027	48,458	30,396	30,870	23,605	23,605
100%	Cana 1-2/4	22,7	29,6	30,396	15,206	9,150	6,119	1,876	15,960
100%	Cana 1-2/7	22,7	29,6	30,396					
100%	Cana 1-2/12	25,3	37	46,245					
100%	Cana 1-3/4	23	30,1	30,870					
100%	Cana 1-3/7	22,8	30,6	34,211					
100%	Cana 1-3/12	23,4	33,4	42,735					
100%	Cana 1-4/4	23,3	28,8	23,605					
100%	Cana 1-4/7	22,2	27,8	25,225					
100%	Cana 1-4/12	24,5	31,2	27,347					

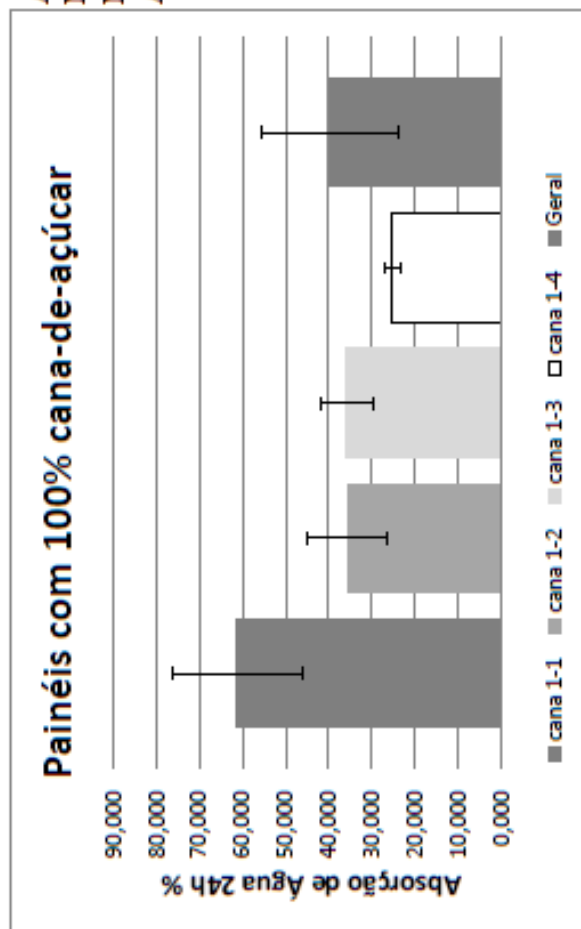
Absorção de Água 24h

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

M1 = massa do CP após a imersão [g]

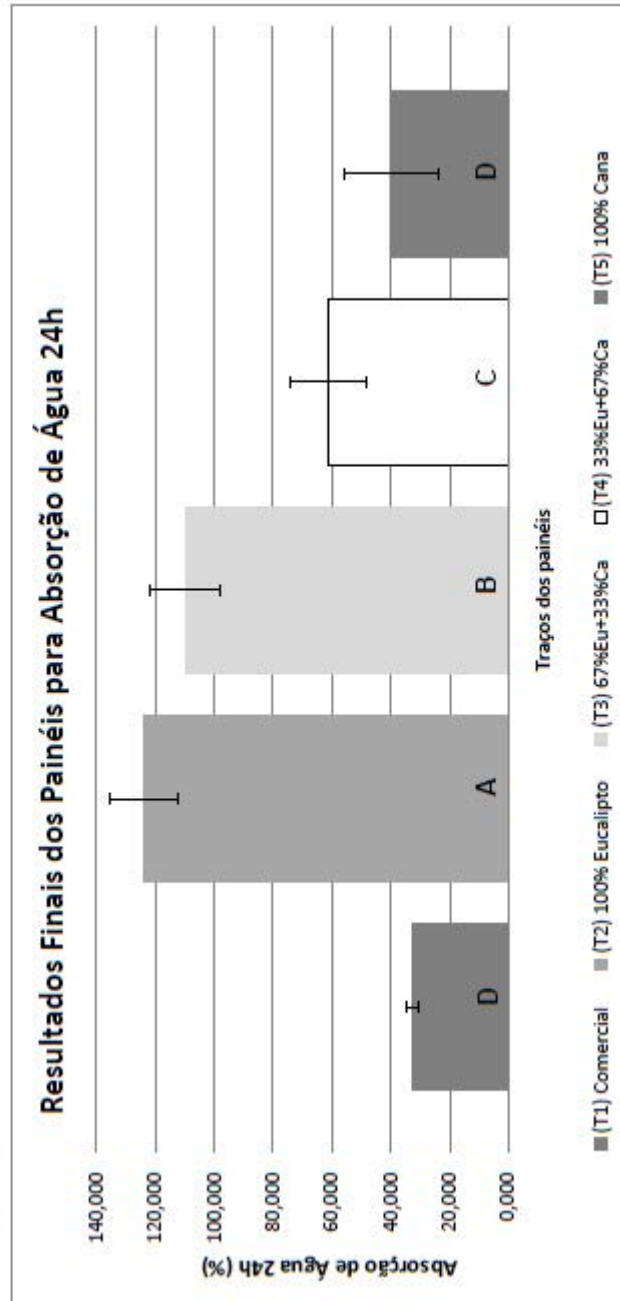
M0 = massa do CP antes da imersão [g]

A = absorção de água (Resultado %)



Avaliação Final Absorção de Água 24h

Resultados	(T1) Comercial (%)	(T2) 100% Eucalipto (%)	(T3) 67%Eu+33%Ca (%)	(T4) 33%Eu+67%Ca (%)	(T5) 100% Cana (%)
Máximo	37,209	148,259	132,243	82,870	78,027
Média	32,640	123,897	109,896	61,191	39,550
Mínima	29,954	109,322	89,224	42,731	23,605
Desvio Padrão	1,954	11,638	11,684	13,206	15,960



T1	T2	T3	T4	T5
31,797	113,360	120,721	67,699	48,458
31,628	129,870	104,641	82,870	57,085
37,209	148,259	111,163	70,518	78,027
32,258	138,725	125,000	44,700	30,396
29,954	122,535	132,243	42,731	30,396
34,419	116,964	110,667	45,570	46,245
34,112	118,219	110,700	81,364	30,870
30,698	113,655	101,633	61,161	34,211
33,178	109,322	107,658	56,054	42,735
32,701	119,178	105,556	62,037	23,605
32,710	122,477	89,224	63,274	25,225
31,019	134,197	99,552	56,311	27,347

Absorção de água 24h

Anova: fator único

RESUMO

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variancia
T 1	12	391,6826453	32,64022044	3,818564342
T 2	12	1486,761461	123,8967884	135,44962
T 3	12	1318,755681	109,8963068	136,5104391
T 4	12	734,2889876	61,19074896	174,3881334
T 5	12	474,6005352	39,5500446	254,7326104

ANOVA

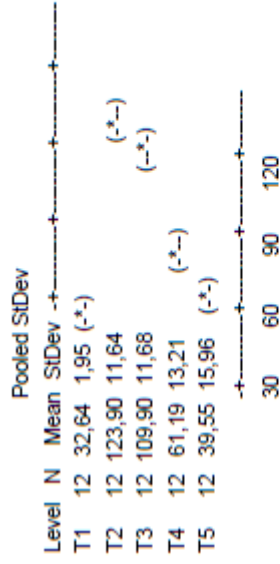
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	82057,73886	4	20514,43472	145,5132155	0,000000000000000000	2,539689
Dentro dos grupos	7753,893041	55	140,9798735			
Total	89811,6319	59				

One-way ANOVA: T1; T2; T3; T4; T5

Source DF SS MS F P
 Factor 4 82058 20514 145,51 0,000
 Error 55 7754 141
 Total 59 89812

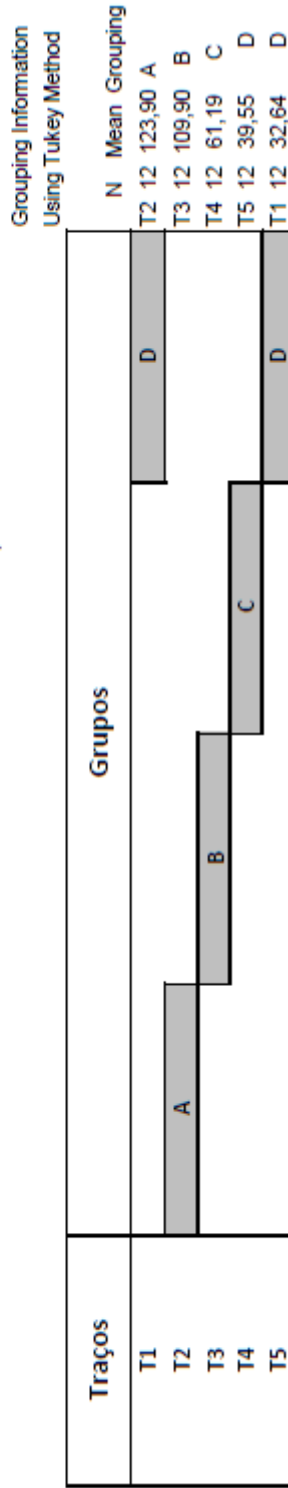
S = 11,87 R-Sq = 91,37% R-Sq(adj) = 90,74%

Individual 95% CIs For Mean Based on



Absorção de água 24h

Pooled StDev = 11,87



Grouping Information
Using Tukey Method

Grupos

N Mean Grouping
 T2 12 123,90 A
 T3 12 109,90 B
 T4 12 61,19 C
 T5 12 39,55 D
 T1 12 32,64 D

APÊNDICE F – Dados Teor de Umidade

Porcentagem	Painel/C.P.	Massa Umida Gramas (MU)	Massa Seca Gramas (MS)	Umidade Residual %	Resultados				Geral
					Com. 1-1	Com. 1-2	Com. 1-3	Com. 1-4	
100%	Comercial 1-1/3	21,7	20,3	6,90	7,882	8,081	7,921	7,882	8,081
100%	Comercial 1-1/11	21,9	20,3	7,88	7,389	7,492	7,550	7,123	7,389
100%	Comercial 1-1/14	21,8	20,3	7,39	6,897	6,897	7,000	5,911	5,911
100%	Comercial 1-2/3	21,7	20,3	6,90	0,493	0,592	0,486	1,060	0,620
100%	Comercial 1-2/11	21,5	20	7,50	Desvio Padrão				
100%	Comercial 1-2/14	21,4	19,8	8,08					
100%	Comercial 1-3/3	21,8	20,2	7,92					
100%	Comercial 1-3/11	21,4	20	7,00					
100%	Comercial 1-3/14	22,3	20,7	7,73					
100%	Comercial 1-4/3	21,5	20,3	5,91					
100%	Comercial 1-4/11	21,3	19,8	7,58					
100%	Comercial 1-4/14	21,9	20,3	7,88					

Teor de Umidade

$$U = [(MU - MS) / MS] \times 100$$

MU = massa umida do Corpo de Prova expressa em gramas [g]

MS = massa seca do Corpo de Prova expressa em gramas [g]

U = Umidade residual C.P. expressa em porcentagem (%)

Porcentagem	Painel/C.P.	Massa Umida Gramas (MU)	Massa Seca Gramas (MS)	Umidade Residual %	Resultados				Geral
					Euca. 1-1	Euca. 1-2	Euca. 1-3	Euca. 1-4	
100%	Eucalipto 1-1/3	22,7	21,6	5,09	5,970	5,911	5,932	6,011	6,011
100%	Eucalipto 1-1/11	21,3	20,1	5,97	5,442	5,330	5,418	5,757	5,487
100%	Eucalipto 1-1/14	20	19	5,26	5,093	4,523	5,128	5,348	4,523
100%	Eucalipto 1-2/3	20,8	19,9	4,52	0,465	0,721	0,446	0,358	0,471
100%	Eucalipto 1-2/11	20,9	19,8	5,56					
100%	Eucalipto 1-2/14	21,5	20,3	5,91					
100%	Eucalipto 1-3/3	25	23,6	5,93					
100%	Eucalipto 1-3/11	24,6	23,4	5,13					
100%	Eucalipto 1-3/14	24,3	23,1	5,19					
100%	Eucalipto 1-4/3	21,5	20,3	5,91					
100%	Eucalipto 1-4/11	19,7	18,7	5,35					
100%	Eucalipto 1-4/14	19,4	18,3	6,01					

Teor de Umidade

$$U = [(MU - MS) / MS] \times 100$$

MU = massa umida do Corpo de Prova expressa em gramas [g]

MS = massa seca do Corpo de Prova expressa em gramas [g]

U = Umidade residual C.P. expressa em porcentagem (%)

Porcentagem	Painel/C.P.	Massa Umida Gramas (MU)	Massa Seca Gramas (MS)	Umidade Residual %	Resultados				Geral
					Eu+Ca 1-1	Eu+Ca 1-2	Eu+Ca 1-3	Eu+Ca 1-4	
67%+33%	Euca+Cana 1-1/3	21,8	20,6	5,83	6,103	6,161	6,335	6,047	6,335
67%+33%	Euca+Cana 1-1/11	22,6	21,3	6,10	5,986	5,929	5,996	5,900	5,953
67%+33%	Euca+Cana 1-1/14	21,1	19,9	6,03	5,825	5,769	5,797	5,607	5,607
67%+33%	Euca+Cana 1-2/3	22	20,8	5,77	0,144	0,206	0,295	0,253	0,202
67%+33%	Euca+Cana 1-2/11	23,5	22,2	5,86					
67%+33%	Euca+Cana 1-2/14	22,4	21,1	6,16					
67%+33%	Euca+Cana 1-3/3	23,5	22,1	6,33					
67%+33%	Euca+Cana 1-3/11	23,5	22,2	5,86					
67%+33%	Euca+Cana 1-3/14	21,9	20,7	5,80					
67%+33%	Euca+Cana 1-4/3	22,6	21,4	5,61					
67%+33%	Euca+Cana 1-4/11	22,8	21,5	6,05					
67%+33%	Euca+Cana 1-4/14	22,8	21,5	6,05					

Teor de Umidade

$$U = [(MU - MS) / MS] \times 100$$

MU = massa umida do Corpo de Prova expressa em gramas [g]

MS = massa seca do Corpo de Prova expressa em gramas [g]

U = Umidade residual C.P. expressa em porcentagem (%)

Porcentagem	Painel/C.P.	Massa Umida Gramas (MU)	Massa Seca Gramas (MS)	Umidade Residual %	Resultados				Geral
					Eu+Ca 1-1	Eu+Ca 1-2	Eu+Ca 1-3	Eu+Ca 1-4	
33%+67%	Euca+Cana 1-1/3	22,6	21,7	4,15	5,941	7,009	6,550	5,911	7,009
33%+67%	Euca+Cana 1-1/11	23,5	22,3	5,38	5,156	6,207	6,307	5,873	5,886
33%+67%	Euca+Cana 1-1/14	21,4	20,2	5,94	4,147	5,641	6,061	5,825	4,147
33%+67%	Euca+Cana 1-2/3	21,3	20,1	5,97	0,917	0,714	0,245	0,044	0,692
33%+67%	Euca+Cana 1-2/11	22,9	21,4	7,01					
33%+67%	Euca+Cana 1-2/14	20,6	19,5	5,64					
33%+67%	Euca+Cana 1-3/3	24,4	22,9	6,55					
33%+67%	Euca+Cana 1-3/11	21,9	20,6	6,31					
33%+67%	Euca+Cana 1-3/14	21	19,8	6,06					
33%+67%	Euca+Cana 1-4/3	21,6	20,4	5,88					
33%+67%	Euca+Cana 1-4/11	21,8	20,6	5,83					
33%+67%	Euca+Cana 1-4/14	21,5	20,3	5,91					

Teor de Umidade

$$U = [(MU - MS) / MS] \times 100$$

MU = massa umida do Corpo de Prova expressa em gramas [g]

MS = massa seca do Corpo de Prova expressa em gramas [g]

U = Umidade residual C.P. expressa em porcentagem (%)

Porcentagem	Paine/C.P.	Massa Umida Gramas (MU)	Massa Seca Gramas (MS)	Umidade Residual %	Resultados				Geral	
					cana 1-1	cana 1-2	cana 1-3	cana 1-4		
100%	Cana 1-1/3	23,4	22,1	5,88	Máximo	6,087	5,677	6,452	6,250	6,452
100%	Cana 1-1/11	23,2	21,9	5,94	Média	5,968	5,464	5,846	6,082	5,840
100%	Cana 1-1/14	24,4	23	6,09	Mínima	5,882	5,333	5,505	5,856	5,333
100%	Cana 1-2/3	23,7	22,5	5,33	Desvio Padrão	0,106	0,186	0,526	0,203	0,354
100%	Cana 1-2/11	23,5	22,3	5,38						
100%	Cana 1-2/14	24,2	22,9	5,68						
100%	Cana 1-3/3	23	21,8	5,50						
100%	Cana 1-3/11	22,7	21,5	5,58						
100%	Cana 1-3/14	23,1	21,7	6,45						
100%	Cana 1-4/3	23,5	22,2	5,86						
100%	Cana 1-4/11	23,8	22,4	6,25						
100%	Cana 1-4/14	24,2	22,8	6,14						

Teor de Umidade

$$U = [(MU - MS) / MS] \times 100$$

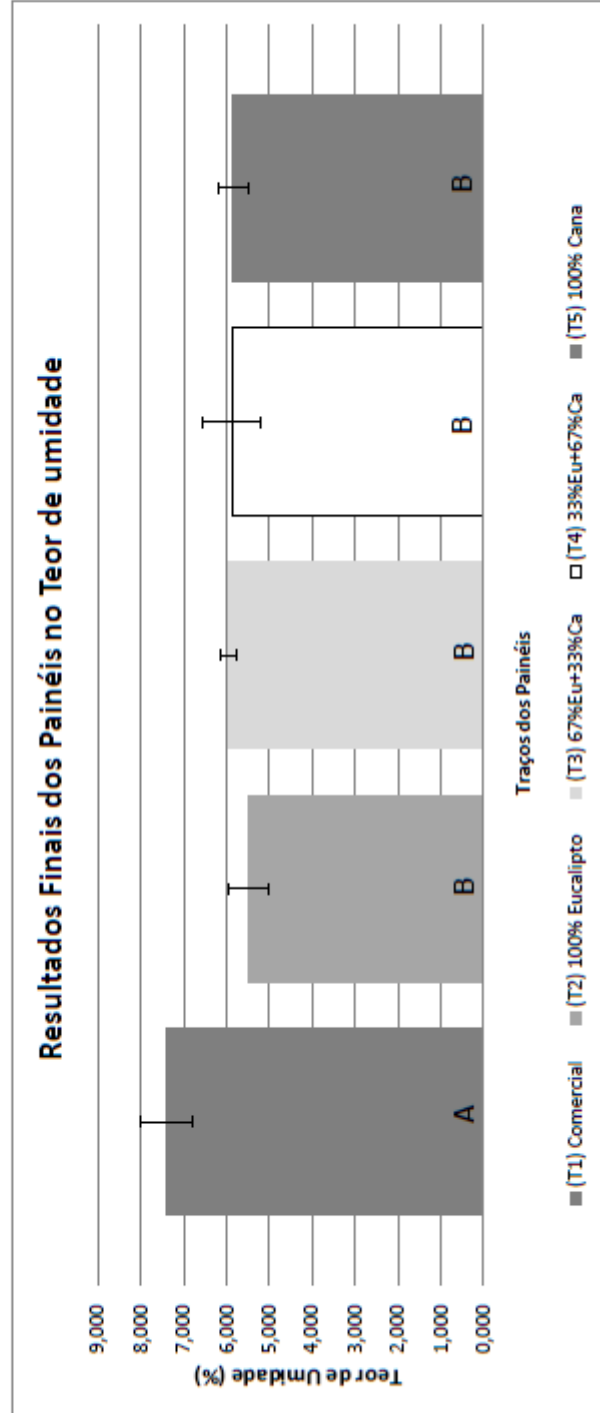
MU = massa umida do Corpo de Prova expressa em gramas [g]

MS = massa seca do Corpo de Prova expressa em gramas [g]

U = Umidade residual C.P. expressa em porcentagem (%)

Avaliação Final Teor de umidade

Resultados	(T1) Comercial (%)	(T2) 100% Eucalipto (%)	(T3) 67%Eu+33%Ca (%)	(T4) 33%Eu+67%Ca (%)	(T5) 100% Cana (%)
Máximo	8,081	6,011	6,335	7,009	6,452
Média	7,389	5,487	5,953	5,886	5,840
Mínima	5,911	4,523	5,607	4,147	5,333
Desvio Padrão	0,62	0,471	0,202	0,692	0,354



T1	T2	T3	T4	T5
6,897	5,093	5,825	4,147	5,882
7,882	5,970	6,103	5,381	5,936
7,389	5,263	6,030	5,941	6,087
6,897	4,523	5,769	5,970	5,333
7,500	5,556	5,856	7,009	5,381
8,081	5,911	6,161	5,641	5,677
7,921	5,932	6,335	6,550	5,505
7,000	5,128	5,856	6,311	5,581
7,729	5,195	5,797	6,061	6,452
5,911	5,911	5,607	5,882	5,856
7,576	5,348	6,047	5,825	6,250
7,882	6,011	6,047	5,911	6,140

Teor de Umidade

Anova: fator único

RESUMO

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variancia
T 1	12	88,66396919	7,388664099	0,384546319
T 2	12	65,84046472	5,486705393	0,221836544
T 3	12	71,43320275	5,952766896	0,040709858
T 4	12	70,63017583	5,885847986	0,478701075
T 5	12	70,08053981	5,840044984	0,125261606

ANOVA

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	26,05580261	4	6,513950652	26,03382169	0,0000000000003891	2,539689
Dentro dos grupos	13,76160942	55	0,25021108			
Total	39,81741203	59				

One-way ANOVA: T1; T2; T3; T4; T5

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	26,056	6,514	26,03	0,000
Error	55	13,762	0,250		
Total	59	39,817			

S = 0,5002 R-Sq = 65,44% R-Sq(adj) = 62,92%

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	Lower CI	Upper CI
T1	12	7,3887	0,6201	(---*---)	(---*---)
T2	12	5,4867	0,4710	(---*---)	(---*---)
T3	12	5,9528	0,2018	(---*---)	(---*---)
T4	12	5,8858	0,6919	(---*---)	(---*---)
T5	12	5,8400	0,3539	(---*---)	(---*---)

Pooled StDev = 0,5002

Traços	Grupos
T1	A
T2	B
T3	B
T4	B
T5	B

Grouping Information Using Tukey Method

N	Mean	Grouping
T1	7,3887	A
T3	5,9528	B
T4	5,8858	B
T5	5,8400	B
T2	5,4867	B

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

Porcentagem	Painel/C.P.	Largura (mm)	Espessura (mm)
100%	Comercial 1-1/ CP Reserva	50,24	12,29
100%	Comercial 1-1/2	50,23	12,3
100%	Comercial 1-1/8	50,05	12,29
100%	Comercial 1-1/9	50,25	12,31
100%	Comercial 1-1/10	50,18	12,29
100%	Comercial 1-2/CP Reserva	50,26	12,25
100%	Comercial 1-2/2	50,18	12,25
100%	Comercial 1-2/8	50,18	12,23
100%	Comercial 1-2/9	50,23	12,25
100%	Comercial 1-2/10	50,26	12,27
100%	Comercial 1-3/CP Reserva	50,28	12,21
100%	Comercial 1-3/2	50,17	12,25
100%	Comercial 1-3/8	50,2	12,22
100%	Comercial 1-3/9	50,27	12,23
100%	Comercial 1-3/10	50,21	12,25
100%	Comercial 1-4/CP Reserva	50,17	12,23
100%	Comercial 1-4/2	50,19	12,22
100%	Comercial 1-4/8	50,24	12,21
100%	Comercial 1-4/9	50,28	12,24
100%	Comercial 1-4/10	50,24	12,25

Porcentagem	Painel/C.P.	Largura (mm)	Espessura (mm)
100%	Eucalipto 1-1/ CP Reserva	50,18	12,07
100%	Eucalipto 1-1/2	50,18	12,05
100%	Eucalipto 1-1/8	50,33	12,21
100%	Eucalipto 1-1/9	50,17	12,1
100%	Eucalipto 1-1/10	50,14	12,34
100%	Eucalipto 1-2/CP Reserva	50,32	12,02
100%	Eucalipto 1-2/2	50,2	12,23
100%	Eucalipto 1-2/8	50,24	12,32
100%	Eucalipto 1-2/9	50,26	12,07
100%	Eucalipto 1-2/10	50,19	12,32
100%	Comercial 1-3/CP Reserva	50,22	12,11
100%	Eucalipto 1-3/2	50,19	12,21
100%	Eucalipto 1-3/8	50,18	12,05
100%	Eucalipto 1-3/9	50,17	12,02
100%	Eucalipto 1-3/10	50,12	12,29
100%	Eucalipto 1-4/CP Reserva	50,15	12,06
100%	Eucalipto 1-4/2	50,16	12,26
100%	Eucalipto 1-4/8	50,15	12
100%	Eucalipto 1-4/9	50,21	12,01
100%	Eucalipto 1-4/10	50,21	12,17

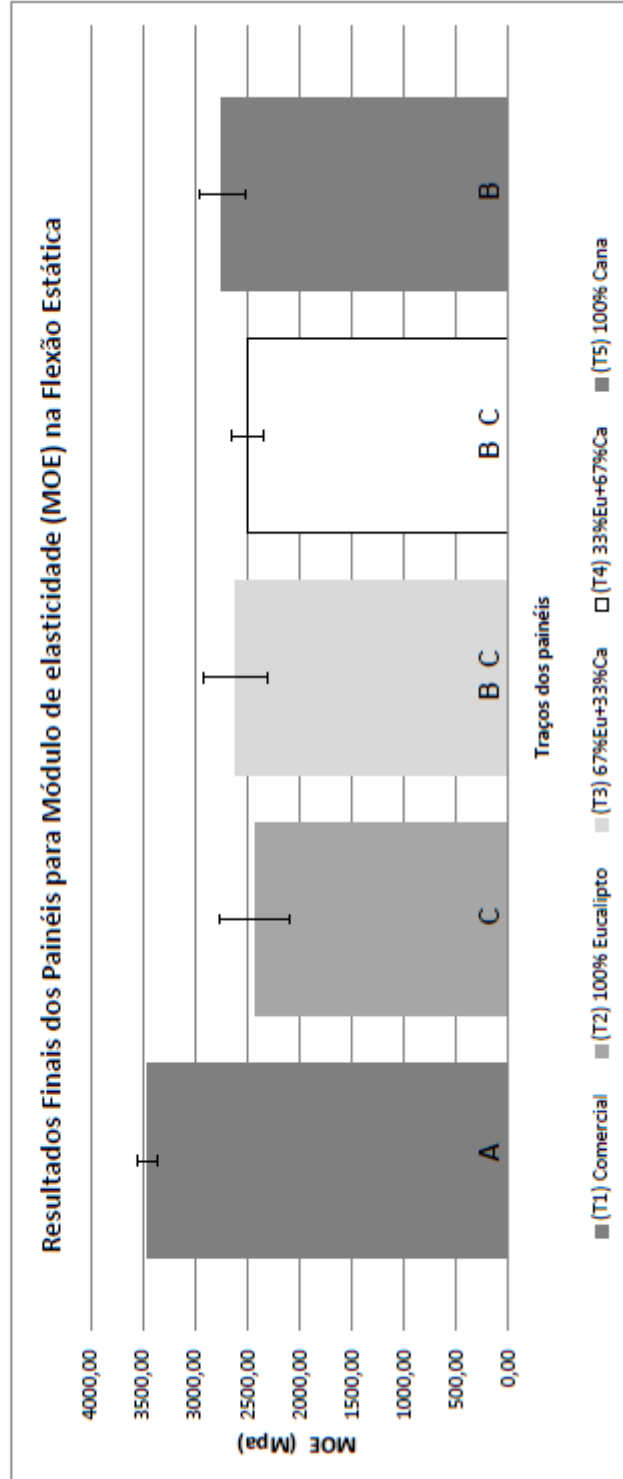
Porcentagem	Painel/C.P.	Largura (mm)	Espessura (mm)
67%+33%	Euca+Cana 1-1/ CP Reserva	50,21	12,07
67%+33%	Euca+Cana 1-1/2	50,17	12,13
67%+33%	Euca+Cana 1-1/8	50,01	12,16
67%+33%	Euca+Cana 1-1/9	50,18	12,09
67%+33%	Euca+Cana 1-1/10	50,17	12,34
67%+33%	Euca+Cana 1-2/CP Reserva	50,21	12,21
67%+33%	Euca+Cana 1-2/2	50,17	12,34
67%+33%	Euca+Cana 1-2/8	50,16	12,21
67%+33%	Euca+Cana 1-2/9	50,16	12,1
67%+33%	Euca+Cana 1-2/10	50,19	12,38
67%+33%	Euca+Cana 1-3/CP Reserva	50,18	12,08
67%+33%	Euca+Cana 1-3/2	50,18	12,16
67%+33%	Euca+Cana 1-3/8	50,18	12,11
67%+33%	Euca+Cana 1-3/9	50,17	12,06
67%+33%	Euca+Cana 1-3/10	50,18	12,35
67%+33%	Euca+Cana 1-4/CP Reserva	50,17	12,13
67%+33%	Euca+Cana 1-4/2	50,18	12,11
67%+33%	Euca+Cana 1-4/8	50,17	12,06
67%+33%	Euca+Cana 1-4/9	50,16	12,11
67%+33%	Euca+Cana 1-4/10	50,18	12,28

Porcentagem	Painel/C.P.	Largura (mm)	Espessura (mm)
33%+67%	Euca+Cana 1-1/ CP Reserva	50,14	12,28
33%+67%	Euca+Cana 1-1/2	50,13	12,36
33%+67%	Euca+Cana 1-1/8	50,21	12,28
33%+67%	Euca+Cana 1-1/9	50,19	12,44
33%+67%	Euca+Cana 1-1/10	50,15	12,39
33%+67%	Euca+Cana 1-2/CP Reserva	50,12	12,2
33%+67%	Euca+Cana 1-2/2	50,1	12,05
33%+67%	Euca+Cana 1-2/8	50,2	12,2
33%+67%	Euca+Cana 1-2/9	50,18	12,15
33%+67%	Euca+Cana 1-2/10	50,12	12,33
33%+67%	Euca+Cana 1-3/CP Reserva	50,04	12,53
33%+67%	Euca+Cana 1-3/2	50,13	12,57
33%+67%	Euca+Cana 1-3/8	49,94	12,27
33%+67%	Euca+Cana 1-3/9	50,2	12,26
33%+67%	Euca+Cana 1-3/10	49,97	12,36
33%+67%	Euca+Cana 1-4/CP Reserva	50,09	12,2
33%+67%	Euca+Cana 1-4/2	50,1	12,07
33%+67%	Euca+Cana 1-4/8	49,94	12,1
33%+67%	Euca+Cana 1-4/9	50,07	12,17
33%+67%	Euca+Cana 1-4/10	49,94	12,27

Porcentagem	Painel/C.P.	Largura (mm)	Espessura (mm)
100%	Cana 1-1/ CP Reserva	50,11	12,35
100%	Cana 1-1/2	50,12	12,22
100%	Cana 1-1/8	50,15	12,2
100%	Cana 1-1/9	50,17	12,2
100%	Cana 1-1/10	50,11	12,5
100%	Cana 1-2/CP Reserva	50,18	12,25
100%	Cana 1-2/2	50,15	12,1
100%	Cana 1-2/8	50,18	12,06
100%	Cana 1-2/9	50,14	12,15
100%	Cana 1-2/10	50,17	12,51
100%	Cana 1-3/CP Reserva	50,16	12,25
100%	Cana 1-3/2	50,12	12,15
100%	Cana 1-3/8	50,18	12,12
100%	Cana 1-3/9	50,17	12,15
100%	Cana 1-3/10	49,98	12,32
100%	Cana 1-4/CP Reserva	50,13	12,31
100%	Cana 1-4/2	50,09	12,14
100%	Cana 1-4/8	50,15	12,11
100%	Cana 1-4/9	50,08	12,2
100%	Cana 1-4/10	50,16	12,57

Avaliação Final Módulo de elasticidade (MOE) na Flexão Estática

Resultados	(T1) Comercial (Mpa)	(T2) 100% Eucalipto (Mpa)	(T3) 67%Eu+33%Ca (Mpa)	(T4) 33%Eu+67%Ca (Mpa)	(T5) 100% Cana (Mpa)
Máximo	3619,00	2991,00	3008,00	2748,00	3039,00
Média	3460,00	2426,00	2610,00	2492,00	2741,00
Mínima	3337,00	1961,00	2004,00	2218,00	2291,00
Desvio Padrão	91,62	340,00	306,80	155,70	219,00



T1	T2	T3	T4	T5
3524,07	1961,33	2408,11	2414,19	2291,48
3562,05	2626,12	2435,39	2423,64	2625,73
3618,92	2030,48	2342,68	2382,66	2714,66
3520,09	2503,42	2921,4	2706,51	2938,15
3368,17	2182,47	2551,32	2505,78	2904,2
3530,79	2585,41	2004,29	2748	2431,14
3336,65	2991,22	3008,05	2218,02	2849,58
3441,98	2916,05	2694,54	2576,89	3038,98
3450,5	2623,37	2384,36	2308,08	2842,55
3375,83	2420,43	2770,55	2606,63	2855,53
3447,48	2109,43	2800,5	2471,06	2806,68
3347,61	2161,96	2992,95	2543,17	2593,82

Módulo de elasticidade (MOE)

Anova: fator único

RESUMO

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variancia
T 1	12	41524,14	3460,345	8393,739173
T 2	12	29111,69	2425,974167	115605,1664
T 3	12	31314,14	2609,511667	94111,33911
T 4	12	29904,63	2492,0525	24247,08409
T 5	12	32892,5	2741,041667	47959,25411

ANOVA

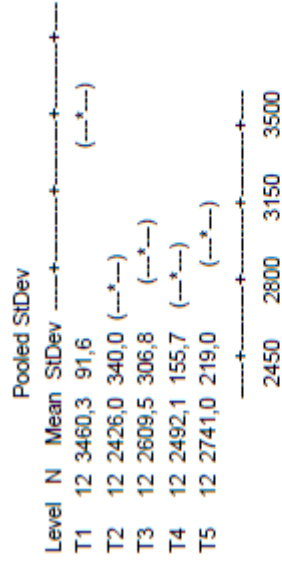
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	8350176,778	4	2087544,195	35,95289277	0,00000000000000094	2,539689
Dentro dos grupos	3193482,412	55	58063,31657			
Total	11543659,19	59				

One-way ANOVA: T1; T2; T3; T4; T5

Source DF SS MS F P
 Factor 4 8350177 2087544 35,95 0,000
 Error 55 3193482 58063
 Total 59 11543659

S = 241,0 R-Sq = 72,34% R-Sq(adj) = 70,32%

Individual 95% CIs For Mean Based on



Módulo de elasticidade (MOE)

Pooled StDev = 241,0

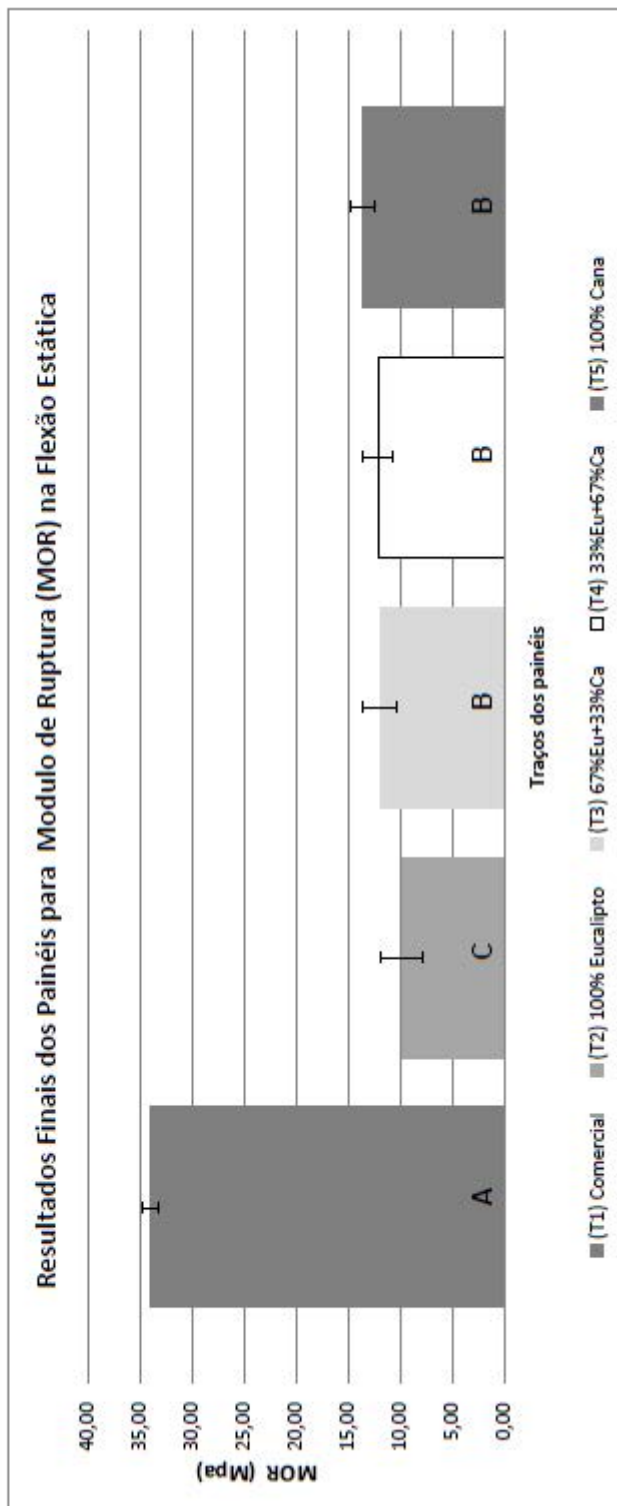
Grouping Information
 Using Tukey Method

Traços	Grupos
T1	A
T2	
T3	B
T4	B
T5	B

N Mean Grouping
 T1 12 3460,3 A
 T5 12 2741,0 B
 T3 12 2609,5 BC
 T4 12 2492,1 BC
 T2 12 2426,0 C

Avaliação Final Módulo de Ruptura (MOR) na Flexão Estática

Resultados	(T1) Comercial (Mpa)	(T2) 100% Eucalipto (Mpa)	(T3) 67%Eu+33%Ca (Mpa)	(T4) 33%Eu+67%Ca (Mpa)	(T5) 100% Cana (Mpa)
Máximo	35,67	13,26	14,91	14,67	14,93
Média	33,93	9,79	11,94	12,15	13,58
Mínima	33,14	7,37	9,46	10,31	10,63
Desvio Padrão	0,77	2,00	1,71	1,50	1,20



T1	T2	T3	T4	T5
34,2	7,38	9,51	11,19	14,33
34,34	9,02	11,31	10,35	10,63
34,86	7,74	11,02	12,51	14,28
33,33	10,3	13,47	14,67	13,81
33,54	9,21	11,05	10,35	12,26
33,21	11,81	9,46	14,04	12,69
34,18	12,57	14,35	10,31	13,88
33,86	13,26	11,89	13,66	14,93
35,67	11,19	11,3	12,72	13,4
33,73	8,68	12,68	11,67	14,67
33,14	7,65	12,3	11,41	14,17
33,16	8,73	14,91	12,88	13,85

Módulo de ruptura (MOR)

Anova: fator único

RESUMO

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variancia
T1	12	407,22	33,935	0,589827273
T2	12	117,54	9,795	3,994972727
T3	12	143,25	11,9375	2,922711364
T4	12	145,76	12,14666667	2,250460606
T5	12	162,9	13,575	1,4451

ANOVA

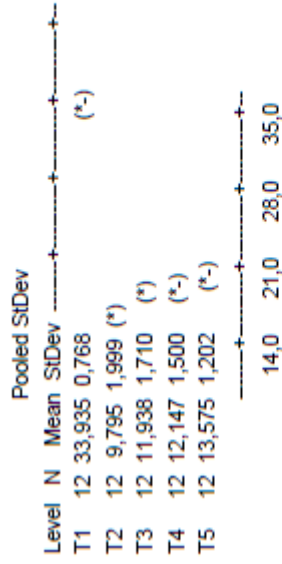
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	4764,156027	4	1191,039007	531,5680422	0,0000000000000000	2,539689
Dentro dos grupos	123,2337917	55	2,240614394			
Total	4887,389818	59				

One-way ANOVA: T1; T2; T3; T4; T5

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	4764,16	1191,04	531,57	0,000
Error	55	123,23	2,24		
Total	59	4887,39			

S = 1,497 R-Sq = 97,48% R-Sq(adj) = 97,30%

Individual 95% CIs For Mean Based on



Módulo de ruptura (MOR)

Pooled StDev = 1,497

Grouping Information
Using Tukey Method

Traços	Grupos
T1	A
T2	
T3	B
T4	B
T5	B

N Mean Grouping

T1	12	33,935	A
T5	12	13,575	B
T4	12	12,147	B
T3	12	11,938	B
T2	12	9,795	C

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

Porcentagem	Painel/C.P.	Medida A mm	Medida B mm	Medida C mm	Medida D mm	Comprimento mm	Largura mm	Área mm ²
100%	Comercial 1-1/5	50,08	50,03	50,13	50,09	50,055	50,11	2508,26
100%	Comercial 1-1/6	50,16	50,14	50,26	50,18	50,15	50,22	2518,53
100%	Comercial 1-1/13	50,17	50,16	50,21	50,22	50,165	50,215	2519,04
100%	Comercial 1-2/5	50,05	50,07	50,32	50,23	50,06	50,275	2516,77
100%	Comercial 1-2/6	50,26	50,23	50,34	50,33	50,245	50,335	2529,08
100%	Comercial 1-2/13	50,15	50,17	50,12	50,06	50,16	50,09	2512,51
100%	Comercial 1-3/5	50,04	49,87	50,15	50,04	49,955	50,095	2502,50
100%	Comercial 1-3/6	50,2	50,25	50,28	50,29	50,225	50,285	2525,56
100%	Comercial 1-3/13	50,1	50,13	50,29	50,21	50,115	50,25	2518,28
100%	Comercial 1-4/5	50,14	50,14	50,04	50,08	50,14	50,06	2510,01
100%	Comercial 1-4/6	50,33	50,27	50,11	50,1	50,3	50,105	2520,28
100%	Comercial 1-4/13	50,17	50,17	50,04	50,14	50,17	50,09	2513,02

Porcentagem	Painel/C.P.	Medida A mm	Medida B mm	Medida C mm	Medida D mm	Comprimento mm	Largura mm	Área mm ²
100%	Eucalipto 1-1/5	50,3	50,24	50,24	50,17	50,27	50,205	2523,81
100%	Eucalipto 1-1/6	50,24	50,18	50,28	50,3	50,21	50,29	2525,06
100%	Eucalipto 1-1/13	50,26	50,32	50,09	50,09	50,29	50,09	2519,03
100%	Eucalipto 1-2/5	50,23	50,19	50,24	50,24	50,21	50,24	2522,55
100%	Eucalipto 1-2/6	50,06	50,12	50,33	50,26	50,09	50,295	2519,28
100%	Eucalipto 1-2/13	50,3	50,3	50,09	50,14	50,3	50,115	2520,78
100%	Eucalipto 1-3/5	49,7	49,9	50,17	49,9	49,8	50,035	2491,74
100%	Eucalipto 1-3/6	50,3	50,31	49,9	50,12	50,305	50,01	2515,75
100%	Eucalipto 1-3/13	50,23	50,26	50,14	50,07	50,245	50,105	2517,53
100%	Eucalipto 1-4/5	49,82	49,89	50,21	50,03	49,855	50,12	2498,73
100%	Eucalipto 1-4/6	50,2	50,25	50,26	50,2	50,225	50,23	2522,80
100%	Eucalipto 1-4/13	50,27	50,19	50,09	50,29	50,23	50,19	2521,04

Porcentagem	Painel/C.P.	Medida A mm	Medida B mm	Medida C mm	Medida D mm	Comprimento mm	Largura mm	Área mm ²
67%+33%	Euca+Cana 1-1/5	50,05	49,93	50	50,21	49,99	50,105	2504,75
67%+33%	Euca+Cana 1-1/6	50,12	49,88	50,25	50,25	50	50,25	2512,50
67%+33%	Euca+Cana 1-1/13	50,03	50,08	50,27	50,28	50,055	50,275	2516,52
67%+33%	Euca+Cana 1-2/5	50,15	50,07	49,83	50,25	50,11	50,04	2507,50
67%+33%	Euca+Cana 1-2/6	50,15	50	50,24	50,23	50,075	50,235	2515,52
67%+33%	Euca+Cana 1-2/13	50,3	50,31	50,24	50,2	50,305	50,22	2526,32
67%+33%	Euca+Cana 1-3/5	50,1	50,31	50,09	50,09	50,205	50,09	2514,77
67%+33%	Euca+Cana 1-3/6	50,18	50,18	50,3	50,24	50,18	50,27	2522,55
67%+33%	Euca+Cana 1-3/13	50,17	50,18	50,24	50,21	50,175	50,225	2520,04
67%+33%	Euca+Cana 1-4/5	50,23	50,17	50,18	50,07	50,2	50,125	2516,28
67%+33%	Euca+Cana 1-4/6	50,3	50,29	50,24	50,19	50,295	50,215	2525,56
67%+33%	Euca+Cana 1-4/13	50,24	50,2	50,07	50,08	50,22	50,075	2514,77

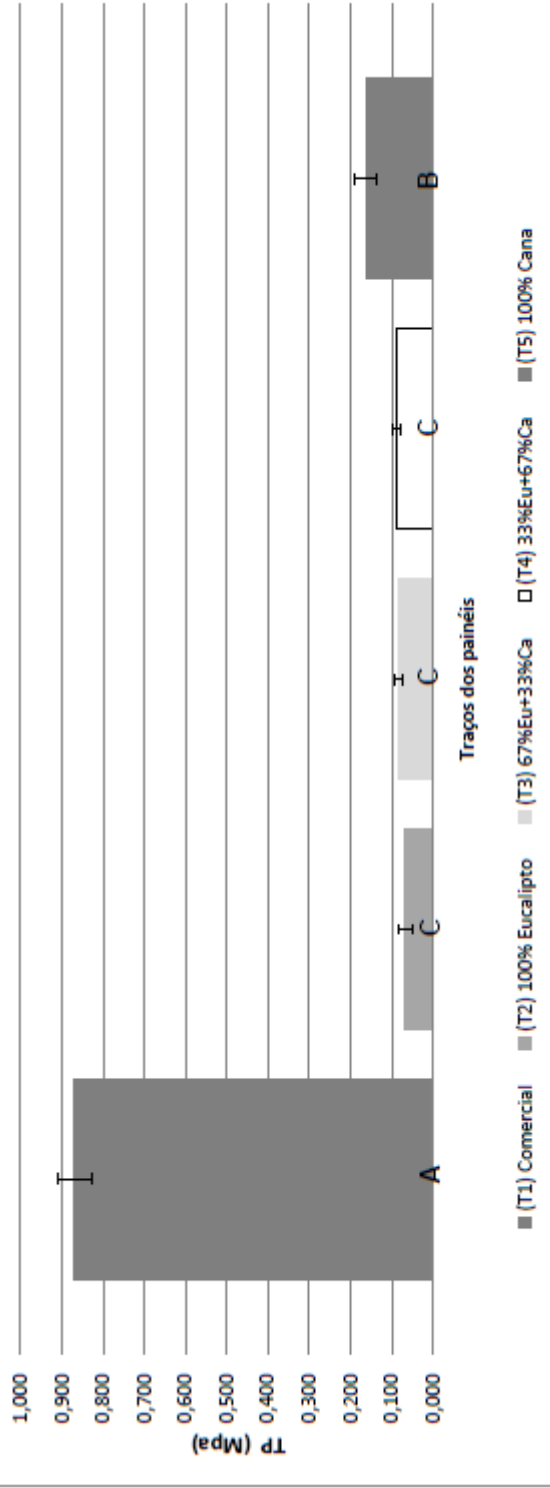
Porcentagem	Painel/C.P.	Medida A mm	Medida B mm	Medida C mm	Medida D mm	Comprimento mm	Largura mm	Área mm ²
33%+67%	Euca+Cana 1-1/5	50,28	50,28	50,11	50,08	50,28	50,095	2518,78
33%+67%	Euca+Cana 1-1/6	50,25	50,23	50,22	50,06	50,24	50,14	2519,03
33%+67%	Euca+Cana 1-1/13	50,25	50,27	50,13	50,15	50,26	50,14	2520,04
33%+67%	Euca+Cana 1-2/5	50,15	50,13	50,21	50,26	50,14	50,235	2518,78
33%+67%	Euca+Cana 1-2/6	50,29	50,22	50,09	50	50,255	50,045	2515,01
33%+67%	Euca+Cana 1-2/13	50,21	50,28	50,24	50,23	50,245	50,235	2524,06
33%+67%	Euca+Cana 1-3/5	50	50,02	50,29	50,24	50,01	50,265	2513,75
33%+67%	Euca+Cana 1-3/6	49,93	50	50,26	50,27	49,965	50,265	2511,49
33%+67%	Euca+Cana 1-3/13	50,25	50,24	50,18	50,18	50,245	50,18	2521,29
33%+67%	Euca+Cana 1-4/5	49,98	50	50,12	50,15	49,99	50,135	2506,25
33%+67%	Euca+Cana 1-4/6	50,13	50,17	50,09	50	50,15	50,045	2509,76
33%+67%	Euca+Cana 1-4/13	49,84	49,8	50,15	50,07	49,82	50,11	2496,48

Porcentagem	Painel/C.P.	Medida A mm	Medida B mm	Medida C mm	Medida D mm	Comprimento mm	Largura mm	Área mm ²
100%	Cana 1-1/5	50,26	50,15	50,08	50,06	50,205	50,07	2513,76
100%	Cana 1-1/6	50,15	50,07	50,27	50,19	50,11	50,23	2517,03
100%	Cana 1-1/13	50,16	50,25	50,14	50,27	50,205	50,205	2520,54
100%	Cana 1-2/5	50,25	50,12	50,14	50,13	50,185	50,135	2516,02
100%	Cana 1-2/6	50,18	50,16	50,03	50,19	50,17	50,11	2514,02
100%	Cana 1-2/13	50,26	50,27	50,13	50,18	50,265	50,155	2521,04
100%	Cana 1-3/5	50,27	50,3	50,13	50,17	50,285	50,15	2521,79
100%	Cana 1-3/6	50,27	50,25	50,14	50,11	50,26	50,125	2519,28
100%	Cana 1-3/13	50,18	50,18	50,17	50,15	50,18	50,16	2517,03
100%	Cana 1-4/5	50,12	50,16	50,01	50,08	50,14	50,045	2509,26
100%	Cana 1-4/6	50,07	50,07	50,02	50,19	50,07	50,105	2508,76
100%	Cana 1-4/13	50,14	50,16	50,2	50,21	50,15	50,205	2517,78

Avaliação Final Tração Perpendicular (TP)

Resultados	(T1) Comercial (Mpa)	(T2) 100% Eucalipto (Mpa)	(T3) 67%Eu+33%Ca (Mpa)	(T4) 33%Eu+67%Ca (Mpa)	(T5) 100% Cana (Mpa)
Máximo	0,934	0,093	0,100	0,121	0,210
Média	0,869	0,067	0,083	0,090	0,163
Mínima	0,783	0,042	0,070	0,072	0,107
Desvio Padrão	0,042	0,016	0,011	0,010	0,027

Resultados Finais dos Painéis para Tração Perpendicular (TP)



T1	T2	T3	T4	T5
0,86	0,09	0,1	0,09	0,16
0,87	0,06	0,08	0,09	0,15
0,89	0,06	0,08	0,09	0,11
0,87	0,05	0,1	0,07	0,16
0,91	0,08	0,07	0,08	0,16
0,9	0,08	0,08	0,12	0,13
0,8	0,07	0,09	0,1	0,16
0,93	0,09	0,07	0,1	0,17
0,87	0,17	0,08	0,1	0,16
0,85	0,06	0,07	0,08	0,21
0,78	0,06	0,1	0,08	0,19
0,89	0,04	0,09	0,09	0,19

Tração perpendicular (TP)

Anova: fator único

RESUMO

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variancia
T1	12	10,42	0,868333333	0,001851515
T2	12	0,91	0,075833333	0,001117424
T3	12	1,01	0,084166667	0,000135606
T4	12	1,09	0,090833333	0,00017197
T5	12	1,95	0,1625	0,000711364

ANOVA

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	5,675526667	4	1,418881667	1778,992971	0,0000000000000000	2,539689
Dentro dos grupos	0,043866667	55	0,000797576			
Total	5,719393333	59				

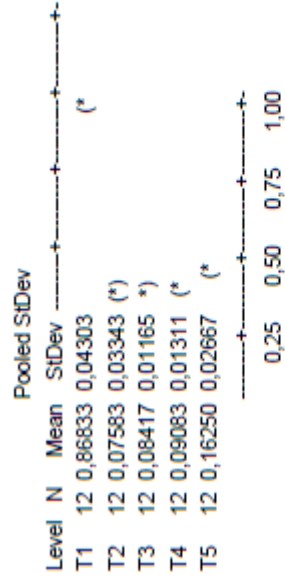
One-way ANOVA: T1; T2; T3; T4; T5

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	5,675527	1,418882	1778,99	0,000
Error	55	0,043867	0,000798		
Total	59	5,719393			

S = 0,02824 R-Sq = 99,23% R-Sq(adj) = 99,18%

Tração perpendicular (TP)

Individual 95% CIs For Mean Based on



Pooled StDev = 0,02824

Traços	Grupos
T1	A
T2	C
T3	C
T4	C
T5	B

Grouping Information
Using Tukey Method

N	Mean	Grouping
T1	12 0,86833	A
T5	12 0,16250	B
T4	12 0,09083	C
T3	12 0,08417	C
T2	12 0,07583	C

APÊNDICE H – Dados do desenvolvimento do painel teste e Painel da Pesquisa

Painel para teste Preliminar		
Dimensão do painel =	22cmx22cmx1,27cm	$D = \frac{M}{V}$ D= densidade M= massa V= volume
Densidade =	700kg/m ³ ou 0,7g/cm ³	
massa de fibras =	22x22x1,27x0,7 = 430,3 gramas (g)	
Formula Resina Uréia-formaldeído		
Resina=	10% massa das fibras =	430,3x0,1 = 43,03 gramas (g)
Emulsão de parafina =	1,5% massa das fibras =	430,3x0,015 = 6,5 gramas (g)
Sulfato de amônio (sal) =	1,5% massa da resina =	43,03x0,015 = 0,65 gramas (g)
água =	5% massa da resina =	43,03x0,05 = 2,15 gramas (g)

Painel para Pesquisa 38x32x1,27cm		
Dimensão do painel =	38cmx32cmx1,27cm	$D = \frac{M}{V}$ D= densidade M= massa V= volume
Densidade =	700kg/m ³ ou 0,7g/cm ³	
massa de fibras =	38x32x1,27x0,7 = 1081,02 (g)	
Formula Resina Uréia-formaldeído		
Resina=	10% massa das fibras =	1081,02x0,1 = 108,1 gramas (g)
Emulsão de parafina =	1,5% massa das fibras =	1081,02x0,015 = 16,2 gramas (g)
Sulfato de amônio (sal) =	1,5% massa da resina =	108,1x0,015 = 1,62 gramas (g)
água =	5% massa da resina =	108,1x0,05 = 5,40 gramas (g)

Painel com 100% fibra de eucalipto		
massa de fibras =	38x32x1,27x0,7 = 1081,02 gramas (g)	
Fibra eucalipto =	100% massa de fibras =	1081,02x1=1081,02 gramas (g)
Painel com 67% fibra de eucalipto+33% fibra cana-de-açúcar		
massa de fibras =	38x32x1,27x0,7 = 1081,02 gramas (g)	
Fibra eucalipto =	67% massa de fibras =	1081,02x0,67=724,29 gramas (g)
Fibra cana-de-açúcar =	33% massa de fibras =	1081,02x0,33=356,74 gramas (g)
Painel com 33% fibra de eucalipto+67% fibra cana-de-açúcar		
massa de fibras =	38x32x1,27x0,7 = 1081,02 gramas (g)	
Fibra eucalipto =	33% massa de fibras =	1081,02x0,33=356,74 gramas (g)
Fibra cana-de-açúcar =	67% massa de fibras =	1081,02x0,67=724,29 gramas (g)
Painel com 100% fibra de cana-de-açúcar		
massa de fibras =	38x32x1,27x0,7 = 1081,02 gramas (g)	
Fibra cana-de-açúcar =	100% massa de fibras =	1081,02x1=1081,02 gramas (g)