



Universidade Estadual Paulista
“Júlio de Mesquita Filho”



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

RAFAEL AUGUSTO PINHOLATI EUGÊNIO

**PAINÉIS DE *MEDIUM DENSITY FIBERBOARD*
PRODUZIDOS COM ADESIVO ALTERNATIVO**

Bauru, SP
Dezembro - 2016

RAFAEL AUGUSTO PINHOLATI EUGÊNIO

**PAINÉIS DE *MEDIUM DENSITY FIBERBOARD*
PRODUZIDOS COM ADESIVO ALTERNATIVO**

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 - 2016

Eugênio, Rafael Augusto Pinholati.
Painéis de medium density fiberboard produzidos com
adesivo alternativo / Rafael Augusto Pinholati
Eugênio, 2016
126 p.

Orientador: Ivaldo De Domenico Valarelli

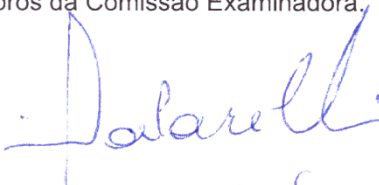
Dissertação (Mestrado)-Universidade Estadual
Paulista. Faculdade de Engenharia, Bauru, 2016

1. Adesivo PVA. 2. Uréia-formaldeído. 3. Formol.
4. Painéis. I. Universidade Estadual Paulista.
Faculdade de Engenharia. II. Título.

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE RAFAEL AUGUSTO PINHOLATI EUGENIO, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA, DA FACULDADE DE ENGENHARIA.

Aos 02 dias do mês de dezembro do ano de 2016, às 10:00 horas, no(a) Anfiteatro da Diretoria Técnica de Informática/FEB, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Prof. Dr. IVALDO DE DOMENICO VALARELLI - Orientador(a) do(a) Departamento de Engenharia Mecânica / Faculdade de Engenharia de Bauru - UNESP, Profa. Dra. ROSANE APARECIDA G BATTISTELLE do(a) Departamento de Engenharia Civil e Ambiental / Faculdade de Engenharia de Bauru/UNESP, Prof. Dr. ALEXANDRE JORGE DUARTE SOUZA do(a) Engenharia Industrial Madeireira / Unidade de Itapeva/UNESP, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da DISSERTAÇÃO DE MESTRADO de RAFAEL AUGUSTO PINHOLATI EUGENIO, intitulada **Painéis de Medium Density Fiberboard produzidos com adesivo alternativo**. 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 G BATTISTELLE



Prof. Dr. ALEXANDRE JORGE DUARTE SOUZA



Dedico este trabalho a minha esposa Noemi Vieira, aos meus pais Irineu Eugênio e Terezinha Pinholati, a todos os meus familiares e amigos, que estiveram sempre presentes, e que nos momentos mais difíceis foram meus companheiros.

AGRADECIMENTOS

Meus primeiros agradecimentos são destinados ao formador de todos nós, o nosso Deus, pela tão grande misericórdia e bondade, por ter me concedido a sabedoria necessária para conduzir esta pesquisa.

Também agradeço a minha estimável esposa Noemi Vieira, no qual em todos os momentos esteve presente, me apoiando e incentivando meus estudos, sem dúvida, sem a sua participação, ainda que de forma indireta, não seria possível concluir esta pesquisa.

Agradeço aos meus pais Irineu Eugênio e Terezinha Pinholati, por desde os meus primeiros passos, terem me ensinado o caminho da verdade e da justiça, mostrando a direção e guiando os meus passos.

Meus sinceros agradecimentos ao meu orientador e Professor Dr. Ivaldo De Domenico Valarelli, por ter depositado em mim a sua confiança, por suas orientações e conselhos, sem dúvida um grande companheiro e amigo, que em todos os momentos se fez presente, não medindo esforços para juntos concluirmos a pesquisa.

Agradeço a empresa Duratex SA, pelo apoio a pesquisa, fornecendo os insumos e o laboratório para a produção dos painéis e realização dos ensaios, aos colaboradores e amigos Everton Giacometti, Marisa Dantas, Célio Roberto e Wellington Almeida, por terem me ajudado em todos os momentos, sempre presentes e auxiliando no decorrer da pesquisa.

Agradeço o Departamento de Engenharia Mecânica da UNESP – Bauru, aos demais professores e alunos que, ainda que indiretamente, contribuíram para o sucesso da pesquisa.

RESUMO

PAINÉIS DE *MEDIUM DENSITY FIBERBOARD* PRODUZIDOS COM ADESIVO ALTERNATIVO

O trabalho consistiu na produção de painéis de MDF (*Medium Density Fiberboard*) em escala laboratorial utilizando o adesivo PVA (Poliacetato de Vinila), variando suas concentrações e realizando misturas com a resina comumente empregada neste processo, o adesivo a base de uréia-fomaldeído, onde foi avaliado além das características físicas e mecânicas dos painéis produzidos, também teve o intuito de verificar o desprendimento de formaldeído para o ambiente quando aplicado juntamente com a resina uréia-fomaldeído, e a avaliação dos perfis de densidades dos traços. As amostras foram confeccionadas com fibra de eucalipto, onde as dosagens do adesivo PVA seguiram as seguintes proporções: 30%, 50% e 70%, e para efeito de comparação com as amostras produzidas com a mistura de PVA foram fabricadas provas em branco com 100% uréia-formaldeído. No total foram produzidas 16 amostras, quatro painéis de cada traço, e retirados os corpos de prova que posteriormente foram avaliados conforme a NBR 15316-2:2015 para as condições secas. Todos os insumos foram fornecidos pelo fabricante de painéis Duratex SA, e os testes foram realizados nos laboratórios da empresa. O adesivo PVA mostrou-se bastante favorável, apresentando grande compatibilidade com os demais componentes da formulação, apresentando potencial para fabricação de MDF. Diversos traços conseguiram atender os requisitos da norma, com destaque para módulo de ruptura (MOR), módulo de elasticidade (MOE), obtidos através do ensaio de flexão estática, e o teor de umidade. Houve também uma discreta redução na emissão de formol em dois traços (T3 e T4), e na avaliação dos perfis de densidade foi constatado que a formulação dos traços não impactou nas densidades médias da espessura dos painéis.

PALAVRAS-CHAVE: Adesivo PVA, Uréia-Formaldeído, Formol, Painéis.

ABSTRACT

PANELS MEDIUM DENSITY FIBERBOARD PRODUCED WITH ALTERNATIVE ROUND

The work consisted in the production of MDF (Medium Density Fiberboard) in laboratory scale using PVA adhesive (Polyacetate Vinyl Chloride), varying their concentrations and performing mixtures with commonly used resin in this process, the adhesive base of urea-fomaldehyde, which was evaluated in addition to the physical and mechanical characteristics of the panels produced, also aimed to check the formaldehyde release to the environment when applied together with resin urea-fomaldehyde, and evaluation of the densities of the features profiles. The samples were made from eucalyptus fibers where PVA adhesive doses followed the following proportions: 30%, 50% and 70%, and for the purpose of comparison with the samples produced with the mixture of PVA blank tests were made with 100 % urea-formaldehyde. In total, we produced 16 samples, four panels of each stroke, and removed the specimens which were then evaluated according to NBR 15316-2: 2015 for dry conditions. All inputs were provided by the panel manufacturer Duratex SA, and the tests were performed in the company's laboratories. PVA adhesive proved to be very favorable, with high compatibility with the other components of the formulation, with potential for the production of MDF. Many features were able to meet the standard requirements, particularly modulus of rupture (MOR), modulus of elasticity (MOE), obtained through the bending, and moisture content test. There was also a slight reduction in formaldehyde emissions by two dashes (T3 and T4), and evaluation of density profiles was found that the formulation of the traits did not affect the average thickness of the thickness of the panels.

KEYWORDS: Adhesive PVA, Urea-Formaldehyde, Formaldehyde, panels.

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
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
EUA	Estados Unidos da América
FANEM	Fábrica de Aparelhos Nacionais de Eletro Medicina
FAO	Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação
FEPASA	Ferrovias Paulista S.A.
HDF	High Density Fiberboard
IBÁ	Indústria Brasileira de Árvores
MDF	Medium Density Fiberboard
MDP	Medium Density Particleboard
MOE	Módulo de Elasticidade
MOR	Módulo de Ruptura
OSB	Oriented Strand Board
PMR	Painéis de Madeira Reconstituídos
PVA	Poliacetato de Vinila
RMUF	Resina Melamina-Uréia-Formaldeído
RUF	Resina Uréia-Formaldeído
SDF	Super Density Fiberboard
UNESP	Universidade Estadual Paulista – “JULIO DE MESQUITA FILHO”

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
°C	Grau Célsius
bar	Pressão
cm	Centímetro
cP	Unidade de viscosidade
g	Grama
g/cm ³	Grama por centímetro cúbico
h	Hora
kg/cm ²	Quilograma por centímetro quadrado
kg/m ³	Quilograma por metro cúbico
kgf/cm ²	Quilograma força por centímetro quadrado
ml	Mililitro
mm	Milímetro
N/mm	Newton por milímetro
N/mm ²	Newton por milímetro quadrado
pH	Potencial de hidrogênio iônico
s	Segundo
v	Volume

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Área ocupada com a plantação de Eucalipto de 2007 a 2014 (IBÁ 2015).....	23
Figura 2. Produtividade florestal de eucalipto no Brasil comparado com outros grandes em m ³ /há x ano. (IBÁ 2015).....	24
Figura 3. Produtividade das florestas de rápido crescimento (m ³ /há/ano) – (BRACELPA dados do setor – 2014).....	24
Figura 4. Mapa de distribuição de consumo de madeiras provenientes de florestas plantadas em 2014. (IBÁ 2015).....	25
Figura 5. Principais Indicadores do segmento de painéis de madeira reconstituída. (IBÁ 2015).....	26
Figura 6. Capacidade dos principais produtores de PMR do Brasil (BNDES)	28
Figura 7. Distribuição geográfica das unidades produtoras de painéis de madeira reconstituída e pisos laminados (IBÁ 2015).....	29
Figura 8. Distribuição de consumo dos três principais painéis (BNDES 2014).....	30
Figura 9. Distribuição das capacidades produtivas dos produtores de MDF no Brasil (BNDES 2014).....	31
Figura 10. Fluxograma do processo de produção dos painéis de MDF. (GARCIA-ESTEBAN et al 2002).....	34
Figura 11. Reator empregado na produção de resinas à base de ureia-formaldeído.	38
Figura 12. Fibra de eucalipto seca estufa.....	45
Figura 13. Estufa com circulação mecânica e medidor de umidade.....	48
Figura 14. Processo de encolagem das fibras com o adesivo e aditivos.....	49
Figura 15. Retirada das fibras da encoladeira (A), acondicionamento de forma uniforme no dispositivo da pré-prensa (B), e a pré-prensagem pelo cilindro pneumático (C).....	50

Figura 16. Colchão de fibras encoladas pré-prensado.....	50
Figura 17. Colchão de fibras encoladas sendo posicionado na prensa.....	51
Figura 18. Ciclo de prensagem dos painéis.....	53
Figura 19. Parte dos painéis de MDF fabricados para testes exploratórios.....	53
Figura 20. Plano de corte dos corpos de prova.....	55
Figura 21. Aumento da deflexão para cálculo de MOE.....	59
Figura 22. Ilustração da ranhura anelar na superfície a ser testada.....	60
Figura 23. Corpo de prova colado no suporte e ambos acoplados na máquina de ensaios.....	61
Figura 24. Corpos de prova colados entre os dois blocos metálicos em lados opostos.....	62
Figura 25. Dispositivo com o corpo de prova colado, acoplado na máquina universal de testes.....	62
Figura 26. Corpos de prova para realização dos ensaios (A e B).....	65
Figura 27. Resultados finais dos painéis na avaliação de densidade.....	66
Figura 28. Resultados dos ensaios na avaliação de módulo de ruptura (MOR).....	68
Figura 29. Resultados dos ensaios na avaliação de módulo de elasticidade (MOE).....	70
Figura 30. Resultados dos ensaios na avaliação de tração perpendicular.....	71
Figura 31. Resultados dos ensaios na avaliação de tração superficial.....	74
Figura 32. Resultados dos ensaios na avaliação de umidade.....	76
Figura 33. Resultados dos ensaios na avaliação de inchamento em espessura 24hs.....	77
Figura 34. Resultados finais dos ensaios de avaliação de absorção de água.....	79
Figura 35. Resultados dos ensaios de avaliação do teor de formol.....	82
Figura 36. Resultado do ensaio de perfil de densidade para uma amostra do traço T3....	84
Figura 37. Resultados dos ensaios de avaliação de perfil de densidade.....	85

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Formulação dos traços para cada painel desenvolvido.....	48
Tabela 2. Resultados consolidados dos ensaios físicos e mecânicos.....	81

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1. Massa sólida do componente.....	47
Equação 2. Massa total líquida a ser aplicada.....	47
Equação 3. Massa sólida de catalisador.....	47
Equação 4. Massa total líquida de catalisador.....	47
Equação 5. Densidade do painel.....	56
Equação 6. Determinação do inchamento em espessura 24hs.....	57
Equação 7. Determinação da absorção de água 24hs.....	57
Equação 8. Determinação do teor de umidade.....	58
Equação 9. Determinação do MOR.....	59
Equação 10. Determinação do MOE.....	59
Equação 11. Determinação da tração superficial.....	61
Equação 12. Determinação da tração superficial simplificada.....	61
Equação 13. Determinação da tração perpendicular.....	63

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	17
2. OBJETIVO.....	21
2.1. Objetivo geral.....	21
2.2 Objetivos específicos.....	21
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	22
3.1. Eucalipto.....	22
3.2. Painéis de Madeira Reconstituída (PMR).....	25
3.3. O MDF (Mediun Desity Fiberboard).....	29
3.3.1. Processo de produção do MDF.....	32
3.4. Adesivos.....	34
3.4.1. Classificação dos adesivos.....	35
3.4.2. Resina Uréia-Formaldeído (RUF).....	36
3.4.3. Adesivo PVA (Poliacetato de Vinila).....	38
3.4.4. Aditivos químicos.....	39
3.5. Pesquisas realizadas sobre painéis de madeiras reconstituídas.....	40
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	43
4.1. Materiais utilizados.....	43
4.1.1. Equipamentos utilizados.....	43
4.2. Metodologia.....	44
4.2.1. Insumos e equipamentos utilizados.....	44
4.2.2. Resina Uréia-Formaldeído (UF), Sulfato de Amônio, Emulsão de Parafina líquida e Adesivo PVA (Poliacetato de Vinila).....	44
4.2.3. Fibra de Eucalipto.....	45
4.2.4. Formulação dos painéis.....	46
4.2.5. Fabricação dos Painéis.....	48
4.3. Ensaio Físicos.....	55
4.3.1. Determinação da Densidade.....	55
4.3.2. Determinação do Inchamento em espessura e Absorção de água (24hs).....	56
4.3.3. Determinação do teor de umidade residual.....	57
4.4. Ensaio mecânicos.....	58

4.4.1. Determinação da Resistência a Flexão e Módulo de Elasticidade.....	58
4.4.2. Determinação da Tração Superficial.....	60
4.4.3. Determinação da Tração Perpendicular.....	61
4.5. Determinação do Teor de Formol pelo Método Perforator.....	63
4.6. Análise de Perfil de Densidade.....	64
4.7. Análise Estatística.....	65
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	66
5.1. Ensaio de densidade.....	66
5.2. Resistência à flexão estática (módulo de ruptura e módulo de elasticidade)	68
5.3. Tração perpendicular.....	71
5.4. Tração superficial.....	73
5.5. Ensaio de teor de umidade.....	75
5.6. Ensaio de inchamento em espessura 24hs.....	77
5.7. Ensaio de absorção de água 24hs.....	79
5.8. Avaliação do teor de formol (Método Perforator).....	82
5.9. Avaliação do perfil de densidades.....	84
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	87
7. SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS.....	88
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	89
APÊNDICE A – Planilhas dos resultados individuais dos ensaios.....	93
APÊNDICE B – Relatórios dos resultados dos ensaios.....	99
APÊNDICE C – Relatórios das análises estatísticas.....	115

1. INTRODUÇÃO

Face à redução da disponibilidade das madeiras nativas, apresentou-se a necessidade do desenvolvimento de alternativas que pudessem substituí-las de forma sustentável e econômica, surgindo assim os painéis fabricados a base de madeiras particuladas ou reconstituídas, unidas através de adesivos.

Conforme mostra o estudo realizado pela Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas – ABRAF (2013), apresentado em um relatório do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social – BNDES (2014), intitulado “Panorama de Mercado – painéis de madeira”, os painéis de madeira industrializada, ou reconstituídos (PMR), são os painéis cuja demanda vem crescendo a taxas mais elevadas no país, sobretudo o MDF (*Medium Density Fiberboard*). Adicionalmente, é uma indústria bastante concentrada, com cerca de dez produtores instalados no país e cuja oferta vem crescendo em ritmo ainda mais vigoroso do que a demanda.

Conforme o relatório do BNDES (2014) houve no Brasil um declínio da indústria de madeira tropical para serrados e compensados em função de diversos fatores. Pela ótica da oferta, podem-se citar: (i) maior fiscalização de madeira ilegal; (ii) morosidade no processo de licitações de florestas públicas; (iii) dificuldades logísticas; e (iv) baixa taxa de retorno econômico-financeiro da atividade. Por outro lado, também existem restrições na demanda: (i) maior número de consumidores conscientes exigindo madeira legal e rastreada, seja no exterior ou no mercado local; e (ii) concorrência dos compensados com PMR com propriedades cada vez melhores graças às constantes inovações de produto.

Os principais insumos para a produção de MDF são as madeiras provenientes de reflorestamento, sendo as principais o Eucalipto e o Pinus, e o adesivo aplicado entre as fibras. Em relação ao adesivo, no Brasil, quase que na sua totalidade são utilizados os adesivos a base de ureia-formaldeído, cuja justificativa se baseia quase que exclusivamente no baixo custo e disponibilidade das materiais-primas que compõem sua fabricação.

No Brasil, os plantios de florestas começaram há mais de um século. Em 1903, o pioneiro Navarro de Andrade trouxe mudas de Eucalipto (*Eucalyptus spp.*) para plantios que produziram madeira para dormentes das estradas de ferro. Em 1947 foi a vez do Pinus (*Pinus spp.*). Essas espécies se desenvolveram bem nas regiões onde foram introduzidas, o Eucalipto nos cerrados paulistas e o Pinus no sul do Brasil. Como os recursos naturais da

Mata Atlântica há muito vinham sendo dilapidados, o plantio dessas espécies tornou-se alternativa viável para suprir a demanda de madeira. A década de 70 foi marcada pela política de incentivos fiscais para o reflorestamento, que começaram ainda na década de 60. Com esses incentivos foi possível ampliar consideravelmente o estoque de madeira nesses plantios (BRACELPA, 2009).

Conforme relatório publicado pela Indústria Brasileira de Árvores – IBÁ (2015), o Brasil, graças às suas condições edafoclimáticas (relação espécie-solo-clima para plantio), sua disponibilidade de terras e à tecnologia desenvolvida pelas empresas nacionais, é um dos poucos países capazes de fornecer ao mundo commodities limpas, energia e uma gama de bioprodutos que estão em fase de desenvolvimento, o que torna importante não só o diagnóstico dos entraves para o desenvolvimento do setor, mas também o empenho para a busca contínua de soluções viáveis.

Também destacado pelo IBÁ (2015), a área de árvores plantadas para fins industriais no Brasil totalizou 7,74 milhões de hectares em 2014, aumento de 1,8% em relação a 2013, esse total corresponde a apenas 0,9% do território brasileiro. Além das árvores plantadas, dos 851 milhões de hectares do território nacional, 66,1% estavam cobertos por habitats naturais, 23,3% ocupados por pastagens, 6,2% por agricultura e 3,5% por redes de infraestrutura e áreas urbanas. Os plantios de eucalipto ocupam 5,56 milhões de hectares da área de árvores plantadas no País, o que representa 71,9% do total, e estão localizados principalmente nos estados de Minas Gerais (25,2%), São Paulo (17,6%) e Mato Grosso do Sul (14,5%).

A crescente demanda por produtos ecologicamente corretos e que agredam cada vez menos o meio ambiente e a saúde humana, exige o desenvolvimento de novas formas de produção, e matérias-primas. Em relação ao MDF, a madeira utilizada na fabricação dos painéis já tem se superado nas questões ambientais, por se tratar de materiais vindos de reflorestamento, porém em relação ao adesivo, além de buscar novas fontes de fornecimentos, deve acompanhar o crescimento do mercado de painéis.

Segundo Katsukake (2009), o crescimento na produção de painéis de madeira reconstituída pela indústria brasileira resulta em um crescimento relativamente proporcional para as indústrias fornecedoras de matéria-prima, de tal forma que a produção de Resina Uréia-Formaldeído (RUF), como sendo o adesivo mais utilizado por este seguimento, obrigatoriamente deverá também apresentar taxa de crescimento semelhante.

Para Vick (1987), os adesivos utilizados para colagem de componentes de madeira, dependem de diversos fatores que os classificam como satisfatório: compatibilidade física e química entre substrato e adesivo, requisitos de processo, propriedades mecânicas, durabilidade, facilidade de uso e custo.

Conforme apresentado por Katsukake (2009), apesar da existência de vasta quantidade de adesivos, tais como a melamínica, fenólica entre outras, atualmente a resina Ureia-Formaldeído (RUF) tem sido a mais utilizada pelas indústrias de painéis de madeira reconstituída, por apresentar várias vantagens como: baixo custo, “cura” rápida, baixa influência na coloração, alto teor de sólidos e “tempo de gel”. Com relação às desvantagens, as principais são: a emissão de formol e a baixa resistência à água. Para melhorar algumas características, consideradas como desvantagens, é comum a indústria incorporar aditivos como é o caso da resina Melamina-Uréia-Formaldeído (RMUF).

Para a seleção do adesivo, alguns fatores devem ser considerados (RIBEIRO, 2008):

- Características físicas do adesivo: o adequado umedecimento, processo de solidificação e a capacidade de modificação da forma do adesivo;
- Características físicas do adesivo durante o processo de colagem: fluidez, facilidade de transferência levando em consideração sua penetração na estrutura capilar do substrato e as características de solidificação com relação aos movimentos moleculares existentes na mudança de estado líquido/sólido, incluindo a migração/evaporação do solvente, polimerização e orientação molecular.
- Características e propriedades da madeira: densidade, porosidade, permeabilidade, umidade, pH e capacidade tamponante.

Lessmann (2008) destaca a resina uréia-formaldeído como sendo a mais utilizada na fabricação de materiais particulados, tendo como principais justificativas as seguintes características: baixo custo, uso de água como veículo de síntese, maior velocidade de cura e baixo desenvolvimento de cor em comparação com outras resinas e resistência a chama devido a presença de nitrogênio.

O autor Katsukake (2009) descreve em seu trabalho a história da RUF, no qual teve início no século XIX a partir da síntese controlada de suas principais matérias primas (a ureia em 1828 por Wohler e o formol em 1859 por Butlerov). Já em 1880, Tollens iniciou os

primeiros estudos de condensação entre ureia e formol, sendo lançada a primeira patente para uso comercial em 1887 por Goldschmidt, onde a principal aplicação era fabricação de peças por moldagem.

Após a segunda guerra mundial, com a escassez de madeira, foi criada na Alemanha a primeira fábrica de painéis de aglomerado produzidos com RUF. Já na década de 20, teve início a industrialização e comercialização no EUA, Alemanha e Áustria, tendo como principais retentores de tecnologia a CIBA e a IG Farbenindustrie.

A partir da década de 70, estando ainda em processo os estudos ambientais e toxicológicos voltados para agentes cancerígenos, os fabricantes de resinas e painéis foram pressionados a diminuir as emissões de formol. Em paralelo, surgiram também novas tecnologias aplicadas ao estudo de estruturas químicas, resultando em novas pesquisas direcionadas as resinas Uréia-Formaldeído.

2. OBJETIVO

Neste item são destacados os objetivos da pesquisa.

2.1. Objetivo geral

O presente trabalho teve como objetivo principal a fabricação e a avaliação de painéis de MDF composto por fibras de madeira de reflorestamento da espécie eucalipto, utilizando como adesivo o poliacetato de vinila, variando sua concentração juntamente com o adesivo a base de ureia-formaldeído.

2.2. Objetivos específicos

- Avaliar a compatibilidade entre os materiais aplicados na produção dos painéis, principalmente entre os adesivos (PVA e RUF);
- Avaliar o desprendimento de formol para a atmosfera dos painéis produzidos;
- Avaliar as amostras conforme a NBR 15316-2:2015 para uma espessura de 15 mm em condições secas, nos ensaios de determinação da massa específica, absorção de água, inchamento em espessura, determinação do teor de umidade, resistência à tração superficial, flexão e módulo de elasticidade, resistência à tração perpendicular (ligação interna), e emissão de formol pelo método Perforator.
- Realizar teste de perfil de densidade das amostras visando apresentar a distribuição e encolagem das fibras.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica foi realizada através da abordagem dos principais tópicos que deram origem ao desenvolvimento da pesquisa, painéis de MDF, o eucalipto, o adesivo PVA e os principais tipos de resinas empregadas na fabricação de painéis de madeira e seus aditivos químicos. Também é apresentado um breve levantamento de pesquisas realizadas sobre a produção de painéis de madeira reconstituída em escala laboratorial.

3.1. Eucalipto

A introdução do gênero *Eucalyptus*, no Brasil, ocorreu no início do século XIX, com evidências de que as primeiras árvores teriam sido plantadas em 1825, no Jardim Botânico do Rio de Janeiro.

No início o eucalipto foi plantado com a finalidade de ornamentação ou para servir de quebra-ventos, pelo seu extraordinário desenvolvimento. O responsável pela introdução de plantações para fins econômicos foi o silvicultor Edmundo Navarro de Andrade, depois de estudar várias espécies nativas - como peroba, cabreúva, jequitibá, jacarandá- paulista, pinheiro-do-paraná e cedro - e outras exóticas, como *Eucalyptus globulus*, implantado com sementes trazidas de Portugal. Naquele ensaio, desenvolvido entre 1904 e 1909 no Horto de Jundiaí-SP, o eucalipto se destacou de tal forma que a então Companhia Paulista de Estradas de Ferro, hoje Ferrovia Paulista S.A. - FEPASA, optou pelas espécies desse gênero para produzir lenha para suas locomotivas (PEREIRA *et al.*, 2000).

Ainda de acordo com Pereira *et al.*, (2000), de 1909 a 1966, quando passou a vigorar a Lei 5.106 dos incentivos fiscais ao reflorestamento, haviam sido plantados 470.000 hectares de eucalipto em todo o Brasil, 80% dos quais situavam-se no Estado de São Paulo. A partir de então, até o ano de 1986, apenas com incentivos fiscais, foram plantados 3,2 milhões de hectares. Em 1987, foram abolidos tais incentivos. Contudo, a tecnologia desenvolvida neste período encontra-se fortalecida e completamente absorvida pelas indústrias florestais.

A madeira de eucalipto tem-se prestado a uma série de finalidades. Além dos usos tradicionais, como lenha, estacas, moirões, dormentes, carvão vegetal, celulose e papel, chapas de fibras e de partículas, há uma forte tendência em utilizá-la, também, para usos mais nobres, como fabricação de casas, móveis e estruturas, especialmente nas regiões Sudeste e Sul, carentes de florestas naturais.

Na Figura 1 são demonstrados os estados líderes nas plantações de eucalipto bem como o crescimento da área plantada nos últimos anos.

Estado / State	Eucalipto (ha) / <i>Eucalyptus</i> (ha)							
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Minas Gerais	1.218.212	1.278.210	1.300.000	1.400.000	1.401.787	1.438.971	1.404.429	1.400.232
São Paulo	911.908	1.001.080	1.029.670	1.044.813	1.031.677	1.041.695	1.010.444	976.186
Mato Grosso do Sul	207.687	265.250	290.890	378.195	475.528	587.310	699.128	803.699
Bahia	550.127	587.610	628.440	631.464	607.440	605.464	623.971	630.808
Rio Grande do Sul	222.245	277.320	271.980	273.042	280.198	284.701	316.446	309.125
Espírito Santo	208.819	210.410	204.570	203.885	197.512	203.349	221.559	228.781
Paraná	123.070	142.430	157.920	161.422	188.153	197.835	200.473	224.089
Maranhão	106.802	111.120	137.360	151.403	165.717	173.324	209.249	211.334
Mato Grosso	114.854	132.922	147.378	150.646	175.592	184.628	187.090	187.090
Pará	126.286	136.290	139.720	148.656	151.378	159.657	159.657	125.110
Goiás	102.032	113.177	115.286	116.439	118.636	115.567	121.375	124.297
Tocantins	21.655	31.920	44.310	47.542	65.502	109.000	111.131	115.564
Santa Catarina	74.008	77.440	100.140	102.399	104.686	106.588	107.345	112.944
Amapá	58.874	63.310	62.880	49.369	50.099	49.506	57.169	60.025
Piauí	-	-	-	37.025	26.493	27.730	28.053	31.212
Outros / Others	31.588	27.580	28.380	4.650	9.314	18.838	15.657	18.157
Total / Total	4.078.168	4.456.069	4.658.924	4.900.949	5.049.714	5.304.164	5.473.176	5.558.653

Figura 1. Área ocupada com a plantação de Eucalipto de 2007 a 2014 (IBÁ 2015).

O nome eucalipto deriva do grego: eu (bem) e kalipto (cobrir), referindo-se à estrutura globular arredondada de seu fruto, caracterizando o opérculo que protege bem as suas sementes. O eucalipto pertence à família das Mirtáceas (a mesma da goiabeira, da jabuticabeira e da pitangueira) e é nativo da Austrália, onde cobre 90% da área do país, formando densos maciços florestais nativos (BERTOLA, 2012).

Segundo o IBÁ (2015) o Brasil manteve mais uma vez sua liderança no ranking global de produtividade florestal em 2014. A produtividade média dos plantios brasileiros de eucalipto atingiu 39 m³/ha.ano e a produtividade dos plantios de pinus foi de 31 m³/ha.ano, na Figura 2 é demonstrada a produtividade dos plantios de alguns países e evidenciando a liderança brasileira.



Figura 2. Produtividade florestal de eucalipto no Brasil comparado com outros grandes produtores em m³/há x ano. (IBÁ 2015).

Na América do Sul, admite-se que o Chile tenha sido o primeiro país a introduzir o eucalipto por volta de 1823. Logo a seguir também a Argentina e o Uruguai iniciaram o plantio. E o eucalipto adquiriu, rapidamente, a característica marcante de ser a espécie florestal mais plantada no mundo, apresentando condições de crescer e se desenvolver onde quer que as condições climáticas fossem tais que a temperatura mínima do solo não fosse limitante. (BERTOLA, 2012). Na Figura 3 é possível mostrar que o Brasil apresenta a maior produtividade de Eucalipto entre os países comparados, bem como a melhor perspectiva de aumento de produtividade.

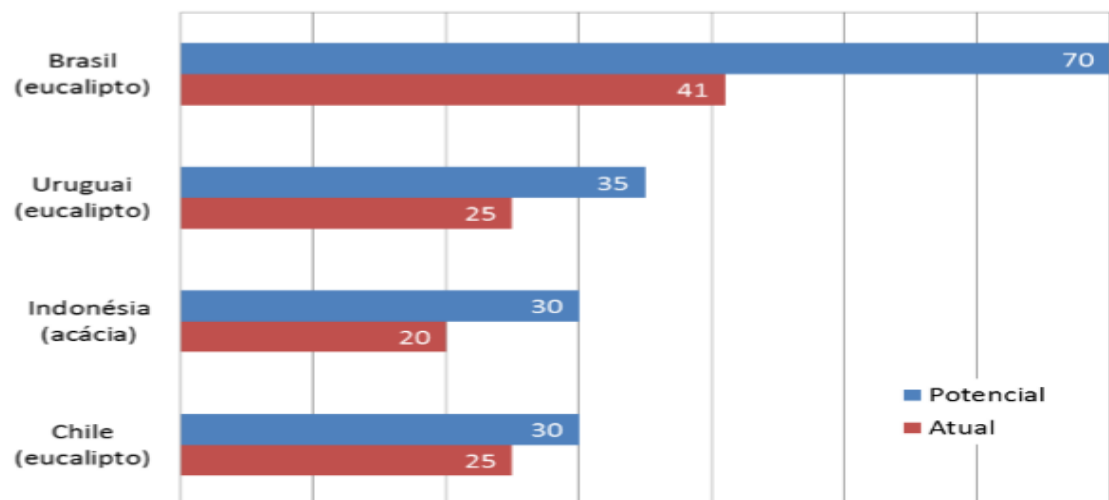


Figura 3. Produtividade das florestas de rápido crescimento (m³/há/ano) – (BRACELPA Dados do Setor – 2014)

Conforme Bertola (2012), em todo o mundo existem aproximadamente 700 diferentes espécies de eucalipto, sendo que dezenas delas estão em países como o Chile, os Estados Unidos e a China, cujos climas e solos são tão diversos quanto os do Brasil.

Conforme publicado pela IBÁ (2015), através do mapa de distribuição de consumo de madeiras provenientes de florestas plantadas em 2014, a indústria de manufatura do papel e celulose ainda é a que mais consome madeiras de reflorestamento, conforme evidenciado na Figura 4.

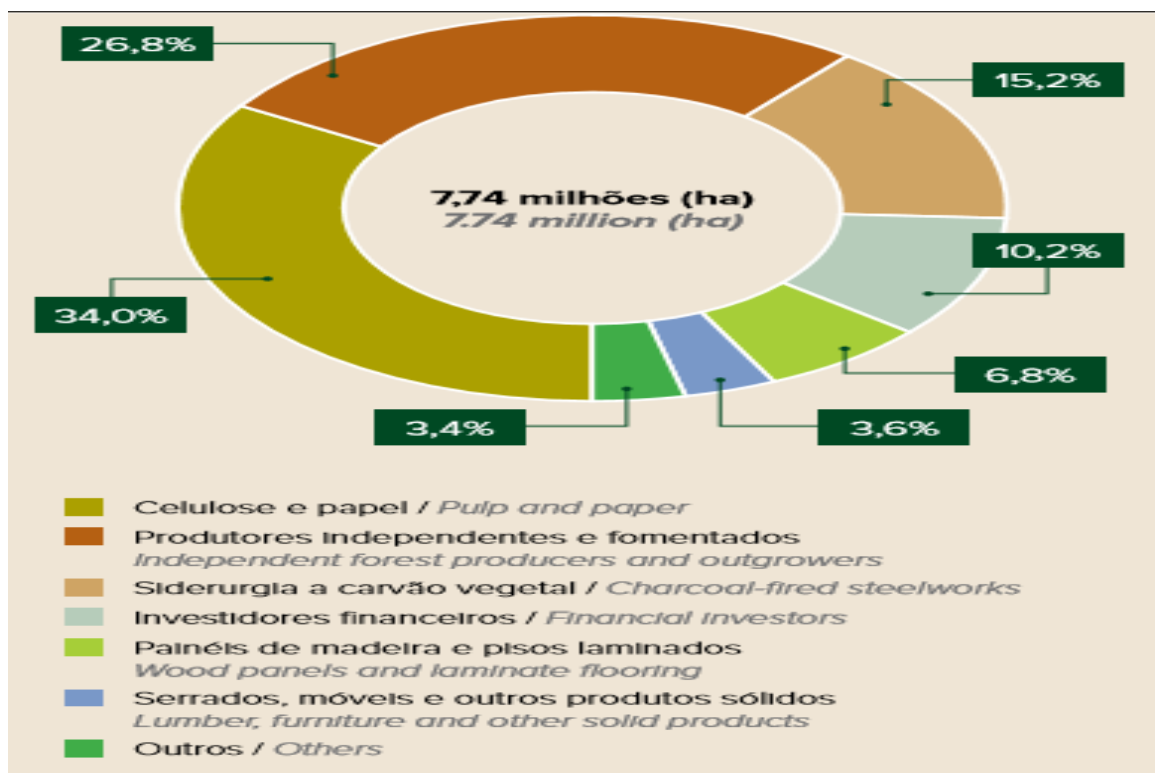


Figura 4. Mapa de distribuição de consumo de madeiras provenientes de florestas plantadas em 2014 (IBÁ 2015).

3.2. Painéis de Madeira Reconstituída (PMR)

Para Iwakiri (2005), a madeira pode proporcionar diversos elementos, com formas e dimensões variadas, gerando novos produtos de madeira através da sua reconstituição, utilizando métodos e processos adequados para cada tipo de produto e finalidade de uso. Os painéis de madeira podem ser definidos como produtos compostos de elementos de madeira

como lâminas, sarrafos, partículas e fibras, obtidos a partir da redução da madeira sólida, e reconstituídos através de ligação adesiva.

Conforme descrito no relatório do BNDES (2014), intitulado “Panorama de Mercado – painéis de madeira”, Os PMRs são fabricados com base no processamento químico da madeira, que passa por diferentes processos de desagregação. Costumeiramente, dividem-se em dois grupos: os formados por partículas de madeira e os compostos por madeira em estágio ainda mais avançado de desagregação, de fibras. Simplificadamente, o processo produtivo constitui-se em reduzir a madeira a pequenos pedaços, mesclá-los com resinas e, depois, com a ação de pressão e temperatura, formar os colchões de madeira, que são, então, cortados.

A produção de painéis de madeira reconstituída atingiu 7,98 milhões de metros cúbicos em 2014, alta de 1,1% em relação a 2013. A produção de MDF aumentou 6,7%, enquanto as produções de HDF e MDP, no mesmo período, diminuíram 2,5% e 5,5% respectivamente. Na Figura 5 são demonstrados os principais indicadores do setor de painéis de madeira reconstituídas (IBÁ 2015).

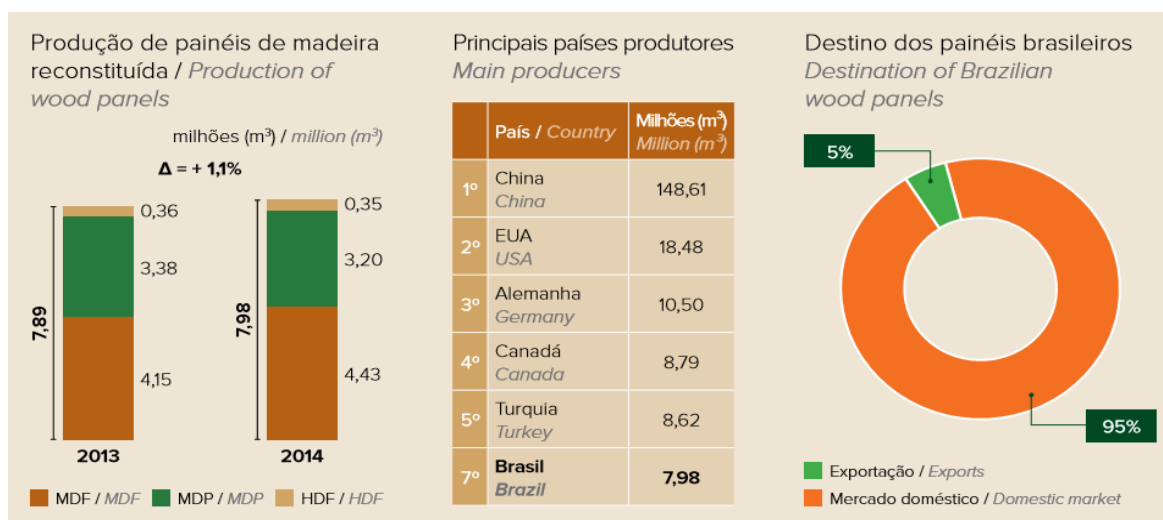


Figura 5. Principais Indicadores do segmento de painéis de madeira reconstituída. (IBÁ 2015).

Desatacam-se ainda neste relatório do BNDES (2014) os principais tipos de painéis de madeira reconstituídos, entre eles pode-se citar:

- **Chapa de Fibra (*hardboard*):** também conhecida como chapa dura, é uma chapa de espessura fina, que resulta da prensagem a quente de fibras de madeira, costumeiramente por meio de um processo úmido, que reativa os aglutinantes naturais da própria madeira (sem a adição de resinas) e confere ao produto alta densidade. É utilizada na fabricação de móveis, principalmente em fundo de gavetas e fundo de armários, mas vem perdendo participação para o MDF e seus correlatos.
- **Chapade Fibra Isolante (*Insulation board*;)** possui baixa densidade, sendo produzido a partir de fibras de madeira. É empregado o processo úmido de fabricação, e a secagem das chapas é uma fase muito importante para sua consolidação. Em função de sua constituição em baixas densidades, as chapas isolantes são empregadas para aplicações que requeiram isolamentos térmico e acústico, como divisórias e forros.
- **MDP (*Medium Density Particleboard*):** Como matéria-prima, no mundo, são empregados especialmente resíduos e madeiras de qualidade inferior. Porém, no Brasil, utiliza-se madeira de florestas plantadas. A partir da metade da década de 1990, as empresas brasileiras investiram em modernização tecnológica, passando do processo de prensagem cíclica para prensagem contínua, o que conferiu ao produto melhores características de resistência, e implementaram a modificação da nomenclatura para MDP, ou painel de partículas de média densidade, em uma tentativa de dissociar o novo produto do aglomerado tradicional. É majoritariamente utilizado na fabricação de móveis retilíneos (tampas de mesas, laterais de armários, estantes e divisórias).
- **MDF (*Medium Density Fiberboard*):** similar ao MDP, com a diferença de que, no processo produtivo, as partículas são cozidas, o que leva a um maior grau de desagregação (fibras). Como possui maior consumo de madeira e resina por metro cúbico do que o MDP, seu valor é mais elevado. Uma das principais vantagens do MDF em relação ao MDP é que suas características mecânicas o aproximam da madeira maciça, permitindo grande capacidade de usinagem, usos e aplicações mais versáteis do que o painel de partículas. Seus correlatos – *High Density Fiberboard* (HDF) e *Super Density Fiberboard* (SDF) – apresentam maior densidade, menor espessura e possuem outras possibilidades de aplicações, como pisos.

- **OSB (*Oriented Strand Board*)**: o painel de tiras orientadas é formado por tiras ou lascas de madeiras orientadas perpendicularmente em diversas camadas. Ainda que também empregado em móveis, é mais largamente usado em painéis decorativos, em embalagens e na construção civil, em que concorre com os compensados na utilização em formas para concreto e tapumes.

Com base nas estimativas de capacidade produtiva, na Figura 6 é ilustrada a capacidade instalada de PMR no Brasil no fim de 2013 (considerando OSB), com a liderança da Duratex, seguida de Arauco, Berneck, Masisa, Eucatex e Fibraplac (BNDES 2014).

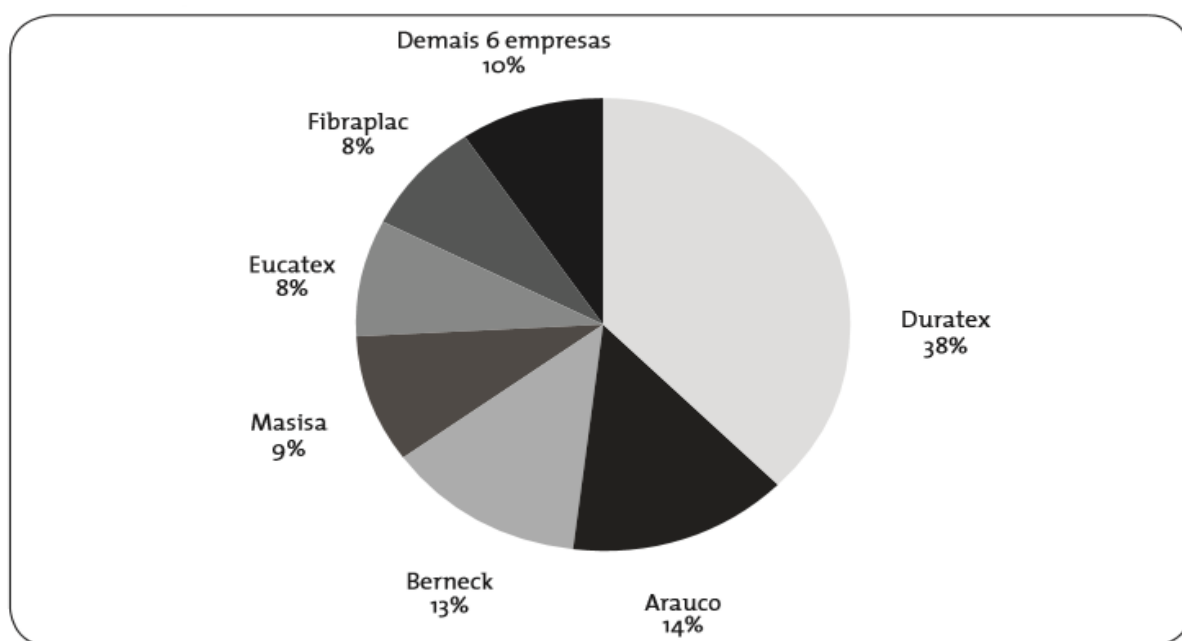


Figura 6. Capacidade produtiva dos principais produtores de PMR do Brasil (BNDES 2014).

Segundo relatório publicado pela IBÁ (2015), existem no Brasil 18 unidades produtoras de painéis de madeira reconstituída e/ou pisos laminados, sendo que a maior parte está localizada nas regiões Sul e Sudeste do País. Na Figura 7 é ilustrada a distribuição destas unidades produtoras.



Figura 7. Distribuição geográfica das unidades produtoras de painéis de madeira reconstituída e pisos laminados (IBÁ 2015).

3.3. O MDF (*Mediun Desity Fiberboard*)

Para Maloney (1996) a partir da década de 60 houve um novo avanço na indústria de painéis, no qual foi denominado de Paineis de Média Densidade (*Mediun Density Fiberboard* – MDF). Este processo se diferenciou dos demais principalmente por se tratar, normalmente, de uma chapa mais grossa, se comparada com o tradicional hardboards, comumente chamado de “chapa dura”, e por ser produzido em um “processo seco” e constituído por madeira somente na forma de fibras.

Maloney (1993) descreve que a produção de MDF teve seu início em 1965 com a primeira empresa Miller Hofft Company of Richmond em New York, Estados Unidos fundada pelo empresário Harry Raddin. Alvite et al. (2002) afirma que a produção em larga escala na Europa foi a partir de 1973 na Alemanha com a empresa Ribnitz-Damgarten.

No Brasil, a primeira planta industrial para fabricação de MDF foi da empresa Duratex S.A implantada na cidade de Agudos, estado de São Paulo, que iniciou o seu funcionamento em Setembro de 1997 (REMADE, 2003).

Um estudo da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação – FAO (2014), denominado “Tendencias y Perspectivas del Sector Forestal en América Latina y el Caribe” analisou o setor dessas regiões geográficas, considerando o contexto atual e projetando o setor até 2020. O estudo mostra que a alta competitividade da indústria de MDF, OSB e painéis de partículas, principalmente no Brasil e no Chile, devido ao baixo custo de produção e de matéria prima de florestas plantadas, devem influenciar no incremento da produção regional destes produtos a médio e longo prazo. Prevê-se que os principais produtos responsáveis pela alta taxa de crescimento do consumo de painéis continuem sendo o MDF e o painel de partículas, muito utilizados na fabricação de móveis. O crescimento da indústria de móveis para atender o mercado interno como o internacional será determinante para o crescimento da demanda de painéis de madeira na América Latina e no Caribe.

Na Figura 8 publicada pelo BNDES (2014) é mostrada a distribuição do consumo em milhões de metros cúbicos dos três principais painéis, onde se destaca o elevado aumento do consumo de MDF.

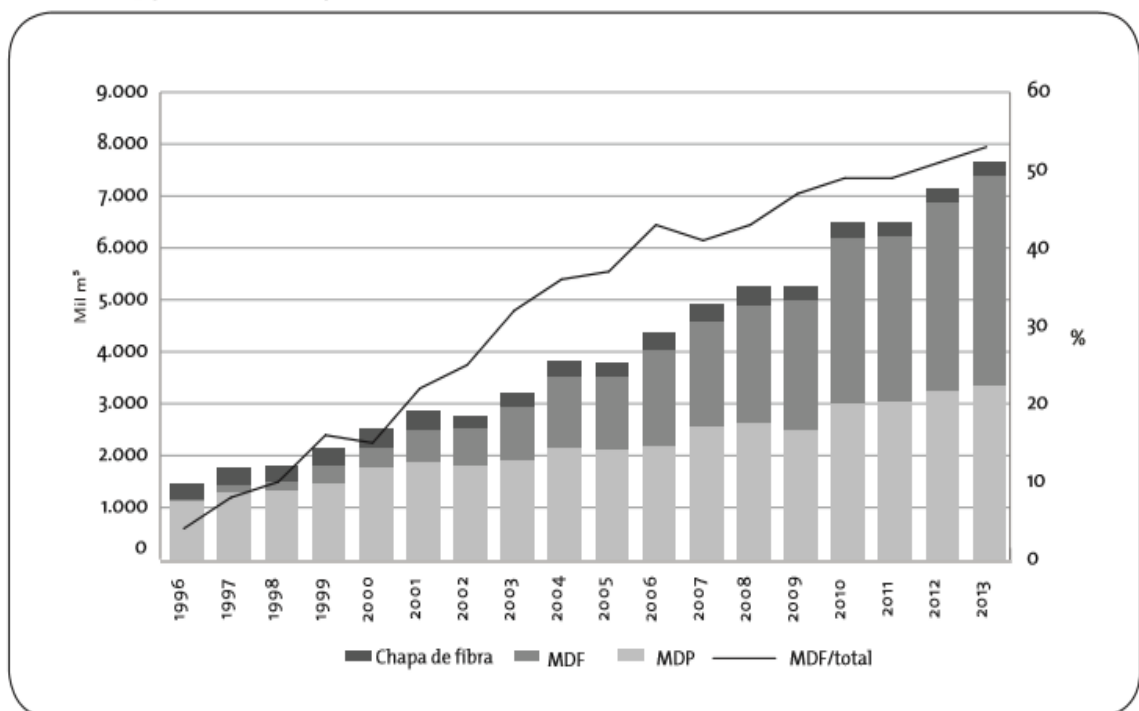


Figura 8. Distribuição de consumo dos três principais painéis (BNDES 2014).

Pode-se considerar que o MDF é um produto novo no Brasil, pois somente a partir dos anos 80 que o produto chegou ao mercado. Anteriormente, era importado da Argentina e do Chile e, a partir de setembro de 1997, passou a ser fabricado no País. Quatorze anos depois, a produção já passava de três milhões de metros cúbicos, com um consumo interno de mais de dois milhões de m³ (ABIPA, 2014).

No período de 2010/2014 foram investidos no setor industrial de painéis do Brasil US\$ 1,2 bilhão, a capacidade instalada brasileira deu um salto de 9,1 milhões de m³ em 2010, para 10,9 milhões de m³ em 2013. A indústria brasileira de painéis de madeira modernizou-se de forma rápida, para garantir a competitividade (ABIPA, 2014).

Na Figura 9 são apresentadas as capacidades produtivas de MDF dos grandes produtores, onde se observa que a Berneck, Duratex e Arauco apresentam como as empresas mais equilibradas no que diz respeito à capacidade produtiva. Geograficamente, as plantas de MDF do Brasil localizam-se estrategicamente nas proximidades dos polos moveleiros ou em locais cuja logística favoreça o escoamento da produção para os clientes (BNDES 2014).

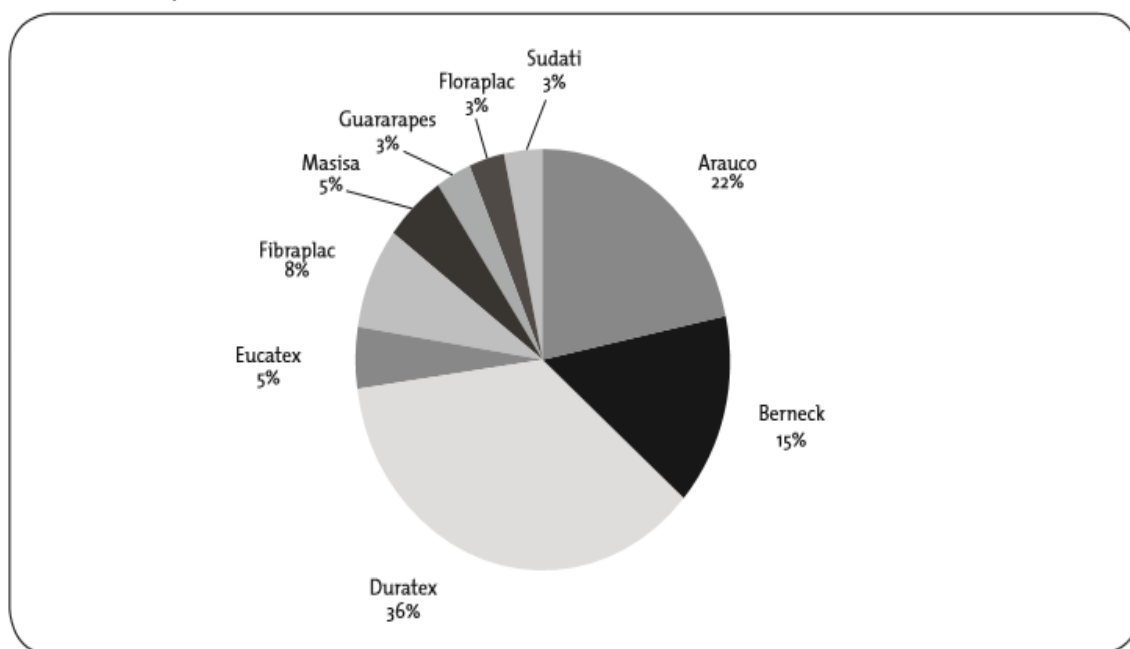


Figura 9. Distribuição das capacidades produtivas dos produtores de MDF no Brasil (BNDES 2014).

Para Gonçalves (2000) a homogeneidade proporcionada pela distribuição uniforme das fibras possibilita ao MDF acabamento elevado podendo expor a parte interna, diferente do

que acontece com os painéis de partículas de madeira. As chapas de MDF possuem características relevantes se comparadas com os demais painéis, entre elas destacam-se os painéis resistentes ao fogo e os resistentes à água. Devido à sua homogeneidade e à sua formação sólida, as aplicações são diversas, permitindo inclusive a produção em escala de peças de pequenos tamanhos. Atividades como: encaixar, entalhar, pintar, colar, laquear, parafusar, perfurar e moldurar, são possíveis devido à sua resistência mecânica.

3.3.1. Processo de produção do MDF

Marinho (2012) descreve que 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. As etapas de fabricação segundo Maloney (2003) são resumidas a seguir:

- **Descasque das toras** – É a operação de retirada da casca e outros contaminantes como a terra, pedregulho, até mesmo metais, além de materiais inorgânicos indesejáveis. Pode ser realizado por equipamentos com sistemas hidráulicos ou mecânicos.
- **Geração de cavacos** – Transformação de toretes limpos em elementos menores como os cavacos, flakers ou partículas. Há uma diversidade de equipamentos para essa tarefa, podendo ser divididos em moinho de corte, de martelo, de impacto e de atrito.
- **Crivagem** - Consiste na separação dos cavacos finos (≤ 8 mm) dos maiores (> 55 mm) (ALMEIDA 2006). Iwakiri (2005) explica que isso é feito por meio de um sistema de peneiras de diversas granulometrias.
- **Lavagem dos cavacos** – Etapa essencial para a retirada das impurezas trazidas do pátio de armazenamento. As empresas também possuem detectores magnéticos de materiais metálicos para colaborar nessa etapa.
- **Pré-tratamento dos cavacos** - Esses 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.

- **Processo de desfibramento** - É a transformação dos cavacos em fibras, feito através de uma ação combinada de corte, cisalhamento mecânico e fricção por meio dos discos ranhurados dos refinadores.
- **Aplicação de resina, aditivos e parafina** – Feita por meio de válvulas aspersoras, tipo spray, instaladas dentro da tubulação pneumática de transporte (blowline system) em fluxo contínuo.
- **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”.
- **Formação do colchão de fibra** – Sistema formado por uma longa esteira dotada de 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.
- **Pré-prensagem** – É a diminuição do volume em altura do colchão por meio da passagem por rolos sem aplicação de calor, o intuito é retirar o ar e aumentar a área de contato para melhorar a transferência de calor.
- **Prensagem** – Pode ser feita por dois tipos de prensas, as estáticas de pratos múltiplos ou as contínuas. Seu aquecimento (140°C a 220°C) é feito por meio de vapor, óleo ou alta frequência.
- **Pré- corte** – É o seccionamento das bordas laterais e transversais em equipamento denominado *Cross Sawn*.
- **Resfriamento** – Após a prensagem, os painéis são seccionados e seguem para estações de resfriamento, equipamento denominado como estação estrela, onde completa a cura da resina e evita variações de temperatura.
- **Corte e acabamento** – Após o período de estabilização e cura os painéis seguem para setores de corte e acabamento em lixadeiras calibradoras.

Na Figura 10 são apresentadas as etapas do processo de produção industrial do MDF.

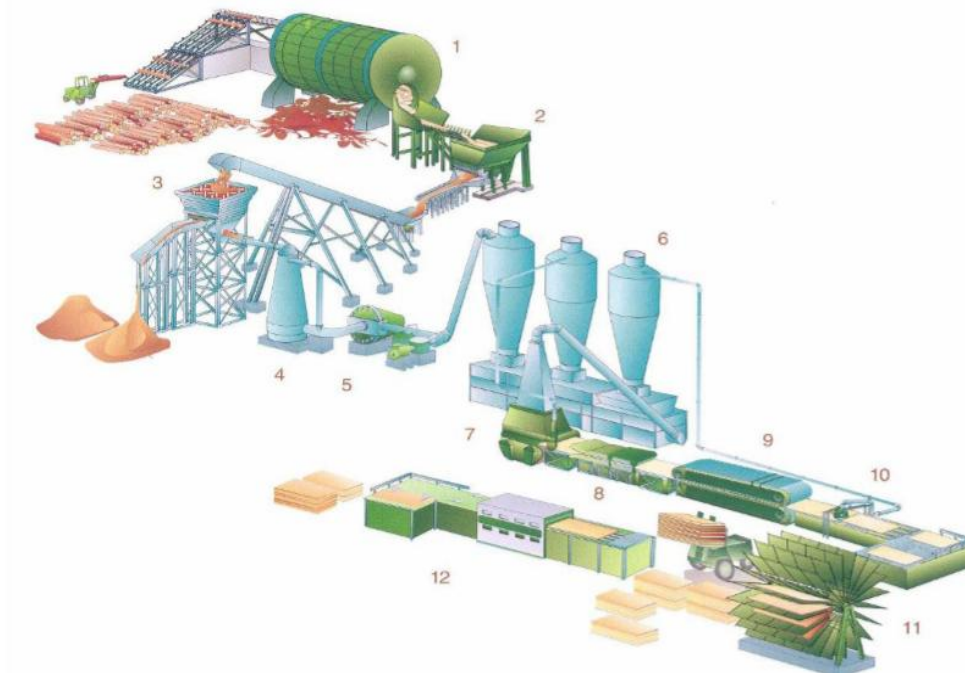


Figura 10. Fluxograma do processo de produção dos painéis de MDF. 1) descasque dos torres; 2) geração de cavacos; 3) crivagem e lavagem dos cavacos; 4) pré-tratamento dos cavacos; 5) processo de desfibramento ; 6) aplicação de resina, aditivos, parafina e secagem; 7) formação do colchão de fibras; 8) pré-prensagem; 9) prensagem; 10) pré-corte; 11) resfriamento;12) acabamento. (GARCIA-ESTEBAN et al 2002).

Para Marra (1992) o tempo de prensagem deve ser suficiente para que o interior do painel alcance a temperatura necessária para a polimerização da resina. Além disso, o tempo de prensagem exerce influências significativas sobre as propriedades dos painéis, controle de espessura, qualidade de superfície e pré-cura.

Iwakiri (2005) destaca que o tempo de prensagem depende principalmente da eficiência da transferência de calor, da espessura do painel, da temperatura, da distribuição da umidade no colchão, e industrialmente pode ser definido em torno de 6 a 12 segundos por mm de espessura do painel.

3.4. Adesivos

A milhares de anos os adesivos são utilizados pelo homem, registros desde 3.000 anos antes de Cristo mostra o emprego de materiais adesivos pelos egípcios, a goma arábica

retirada de essências florestais e uma cola feita com pasta de farinha fizeram os primeiros papiros de lâminas finas, justapostas e coladas (AZEVEDO, 2009, apud LAURIE, 1910).

Iwakiri (2005) descreve que em 1690 surgiu na Holanda a primeira fábrica de adesivos utilizando substâncias de origem animal, nos anos 30, com o crescimento da área de adesivos sintéticos houve uma grande transformação na produção e no design de móveis. Em 1929 foi desenvolvido o primeiro adesivo sintético, o fenol-formaldeído, em 1931 surgiu o adesivo de uréia-formaldeído e em 1939 o adesivo de melamina formaldeído e, posteriormente, em 1943 o adesivo a base de resorcina-formaldeído. Ainda no final da década de 30 foi desenvolvido na Alemanha adesivos com base nos isocianatos, sendo utilizados pela primeira vez na década de 40. Ainda na década de 40 foram desenvolvidos os adesivos termoplásticos e epóxi.

Segundo Azevedo (2009) Otto Bayer desenvolveu em 1937 na Alemanha os primeiros adesivos poliuretanos. Com o advento da Segunda Guerra Mundial, novos adesivos foram desenvolvidos, como o resorcinol-formaldeído em 1943, de maior custo, porém com a cura à temperatura ambiente e mais resistente à água. Já na década de 50 surgiu o adesivo termoplástico de PVA (acetato de polivinila), apresentando um baixo custo, cura em temperatura ambiente e empregado para usos interiores (IWAKIRI, 2005).

Para Ribeiro (2008) na seleção do adesivo, alguns fatores devem ser considerados:

- Características físicas do adesivo: o adequado umedecimento, processo de solidificação e a capacidade de modificação da forma do adesivo.
- Características físicas do adesivo durante o processo de colagem: fluidez, facilidade de transferência levando em consideração sua penetração na estrutura capilar do substrato e as características de solidificação com relação aos movimentos moleculares existentes na mudança de estado líquido/sólido, incluindo a migração/evaporação do solvente, polimerização e orientação molecular.
- Características e propriedades da madeira: densidade, porosidade, permeabilidade, umidade, pH e capacidade tamponante.

3.4.1. Classificação dos adesivos

Campos e Lahr (2005) descrevem que os adesivos podem ser classificados a partir de diferentes parâmetros como: origem dos componentes primários, temperatura de cura,

resistência à umidade, composição química, entre outros. Neste trabalho a classificação foi realizada a partir da composição química do adesivo, descritos por Campos e Lahr (2005), podendo os mesmos ser inorgânicos ou orgânicos.

- Adesivos inorgânicos - Dentre os adesivos inorgânicos mais comuns podem ser destacados os que são à base de silicatos, produzindo ligações com elevada resistência mecânica, sendo difícil a sua diferenciação. Nos adesivos inorgânicos a ligação acontece pela desidratação do solvente dos adesivos. Os cimentos são formados através de reações químicas.
- Adesivos orgânicos - Em geral, costuma-se dividir os adesivos em dois grupos: sintéticos e naturais. Os adesivos orgânicos sintéticos são os mais empregados pela indústria madeireira devido a sua grande resistência à água e por não permitir ação de microrganismos. Os adesivos sintéticos são classificados em termofixos e termoplásticos.

1 - Termofixos – adesivos que endurecem por meio de reações químicas ativadas pela temperatura ou catalisadores. São resistentes à umidade e ao calor. Dentre os principais adesivos pode-se destacar: fenol-formaldeído, uréia-formaldeído, resorcinol formaldeído e os poliuretanos.

2 - Termoplásticos – apresentam como característica principal a sua cura reversível. Podem ser difundidos ou amolecidos quando é aumentada a temperatura, tornando a solidificar ao serem resfriados. São usados como solução ou em dispersão em água. Os adesivos naturais são obtidos de proteínas animais e vegetais, tanino, celulose, gomas naturais e amidos, entre outros.

3.4.2. Resina Uréia-Formaldeído (RUF)

Katsukake (2009) relata que atualmente existe uma grande quantidade de adesivos, tais como a melamínica, fenólica entre outras, porém atualmente a resina ureia-formaldeído (RUF) tem sido a mais utilizada pelas indústrias de painéis de madeira reconstituída, por apresentar várias vantagens como: baixo custo, “cura” rápida, baixa influência na coloração, alto teor de sólidos e “tempo de gel” ou “gel time”. Com relação às desvantagens, as principais são: a emissão de formol e a baixa resistência à água. Para melhorar algumas características, consideradas como desvantagens, é comum a indústria incorporar aditivos como é o caso da resina melamina-uréia-formaldeído (RMUF).

Lessmann (2008) afirma que a resina uréia-formaldeído é a mais utilizada na fabricação de Aglomerado/MDP e MDF, tendo como principais justificativas as seguintes características: baixo custo, uso de água como veículo de síntese, maior velocidade de cura e baixo desenvolvimento de cor em comparação com outras resinas e resistência a chama devido a presença de nitrogênio.

A resina uréia-formaldeído é produzida basicamente a partir da síntese controlada de suas principais matérias primas, (a uréia em 1828 por Wohler e o formol em 1859 por Butlerov) tendo como data inicial de produção no século XIX. Já em 1880, Tollens iniciou os primeiros estudos de condensação entre uréia e formol, sendo lançada a primeira patente para uso comercial em 1887 por Goldschmidt, onde a principal aplicação era fabricação de peças por moldagem. Após a segunda guerra mundial, com a escassez de madeira, foi criada na Alemanha a primeira fábrica de painéis de aglomerado produzidos com RUF. Na década de 20, teve início a industrialização e comercialização no EUA, Alemanha e Áustria, tendo como principais retentores de tecnologia a CIBA e a IG Farbenindustrie (KATSUKAKE 2009).

Campos e Lahr (2005) descrevem que o adesivo ureia-formaldeído apresenta alta qualidade, extraordinária versatilidade e baixo custo, é resistente a ação de microorganismos, embora apresentem uma sensibilidade à umidade maior do que as resinas fenólicas. Podem ser formuladas com diversas temperaturas de cura, desde a temperatura ambiente até 200°C. São resistentes aos solventes orgânicos, mas são hidrolizadas por ácidos e bases fortes. Normalmente, são empregadas em misturas (adesivos), onde entram cargas inertes extensores e outros agentes que proporcionam características especiais.

Mendoza (2010) apud Marra (1992) ressalta que apesar do adesivo a base de ureia-formaldeído apresentar vantagens que lhe dão preferência mundial frente a outros adesivos, ele apresenta desvantagens que devem ser revistas quando em uso, sendo as principais, a baixíssima resistência à umidade e a liberação de formaldeído. O autor esclarece ainda que essas duas características são dependentes, ou seja, quanto menor a quantidade de formaldeído na formulação do adesivo, menor a resistência dele à água e vice-versa.

A partir da década de 70, estando ainda em processo os estudos ambientais e toxicológicos voltados para agentes cancerígenos, os fabricantes de resinas e painéis foram pressionados a diminuir as emissões de formol. Em paralelo, surgiram também novas tecnologias aplicadas ao estudo de estruturas químicas, resultando em novas pesquisas direcionadas as resinas uréia-formaldeído (KATSUKAKE 2009).

Na Figura 11 é demonstrado um reator empregado na produção de resinas à base de ureia-formaldeído.

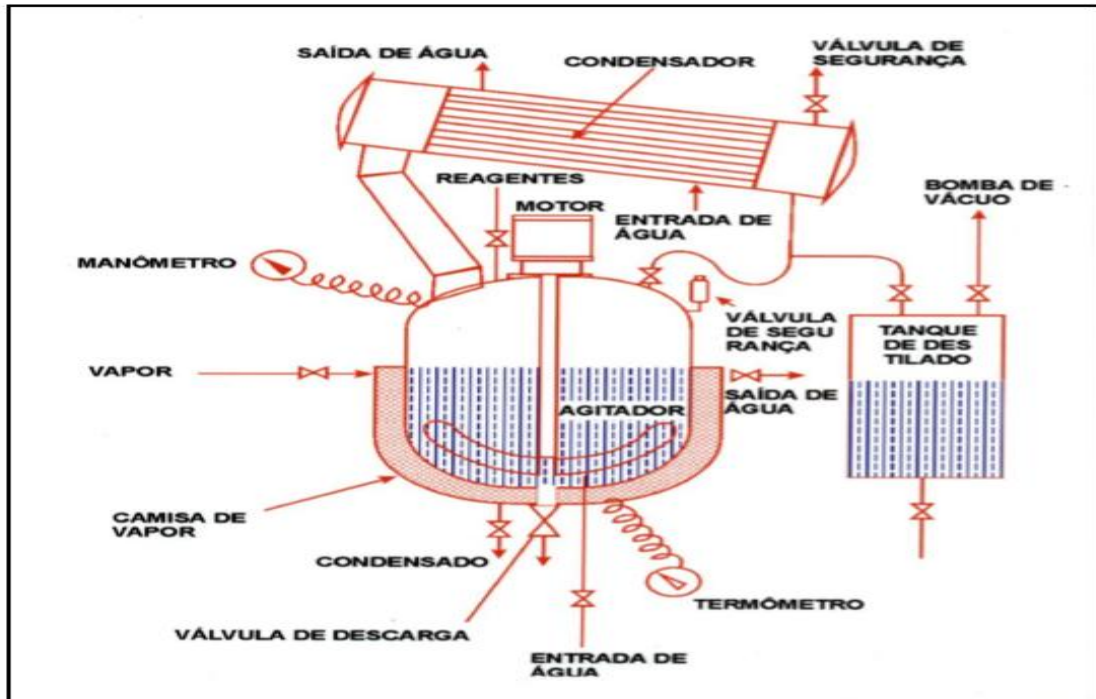


Figura 11. Reator empregado na produção de resinas à base de ureia-formaldeído. (adaptação do arquivo de notas de aula do Prof. Dr. Pedro Bom, intitulado “Painéis de Madeira”).

3.4.3. Adesivo PVA (Poliacetato de Vinila)

Conhecido também como “cola branca”, Oliveira e Dantas (2003) caracteriza o adesivo PVA como sendo largamente aplicado nas colagens de substratos em diversos segmentos da indústria moveleira e/ou madeireira, como por exemplo, painéis, laminados plásticos e de madeira, colagem de espiga e cavilha, “finger-joint”, entre outros, além de apresentar baixo custo em relação aos demais adesivos disponíveis no mercado.

Por serem à base de água, as resinas PVA apresentam vantagens como a facilidade e segurança no manuseio, são inodoros e não inflamáveis, possuem baixo custo se comparadas a outras resinas comerciais, possuem secagem rápida sob condições adequadas, são de fácil limpeza e possuem boa estabilidade à estocagem. Apresenta faixa de viscosidade mais restrita variando de 6.000 a 8.000 cP, teor de sólidos varia entre 51 e 55%, e o pH entre 4,0 e 5,0. Em relação à cura pode ser a frio ou a quente, incluindo o uso de alta frequência (IWAKIRI, 2005).

Sellers Jr. (1994) destaca que o acetato de polivinila não emite formaldeído para a atmosfera, sendo este um fator de grande importância, e que resistência à água e à temperatura é aprimorada pela adição de copolímeros. É um adesivo sintético de rápida cura e utilizado em larga escala na forma de dispersão da resina sólida em água. É frequentemente usado em juntas adesivas, apresentam elevada resistência de colagem, aplicação rápida e linhas de cola incolores.

Segundo Garcia e Rech (2011) O teor de sólidos médio do PVA está entre 40 a 60%.

Vikc e Rowell (1990) relata que a solidificação do adesivo PVA é originada pela perda de água por difusão da película adesiva na madeira. Devido à sua natureza polar, ocorre o umedecimento e a penetração do adesivo na madeira.

Campos e Lahr (2003) destacam que atualmente diferentes adesivos vêm sendo aplicados na produção de MDF. Dentre estes adesivos pode-se citar o PVA. Campos e Lahr (2003) descrevem que o adesivo PVA apresenta propriedades que permitem seu uso associado às fibras de madeira, são termoplásticos, são produzidos a base de água, apresentando vantagens como: longa vida útil, trabalhabilidade racional e resistência a micro-organismos; e como desvantagens: a impossibilidade para uso externo, susceptibilidade à influência de umidade e de altas temperaturas.

3.4.4. Aditivos químicos

Os aditivos são produtos químicos que junto com a resina são incorporados nas partículas/fibras de madeira ou partículas/fibras durante o processo de produção e tem como finalidade agregar propriedades específicas nos painéis, como higroscopicidade, resistência ao fogo e a fungos:

- **Catalisador** – Segundo Maloney (1993) os catalisadores são utilizados para acelerar o processo de cura da resina. Para Pizzi (1983) os catalisadores mais utilizados pelas indústrias são as soluções de sulfato de amônia e o cloreto de amônia. Segundo Mendes (2001), os aditivos químicos mais usados na fabricação de painéis aglomerados são os catalisadores ou endurecedores, tais como o cloreto de amônia e o sulfato de amônia, que, ao serem adicionados no adesivo ureia-formaldeído, têm a função de reativar a pré-condensação e aumentar a velocidade de polimerização e cura

da resina. O uso desses agentes reduz o pH da resina, tornando o meio mais ácido e tendo a ação de endurecedor por combinar com o formaldeído livre.

- **Emulsão de Parafina** – Usada para reduzir a higroscopicidade das partículas de madeira (BELINI, 2007). De acordo com Iwakiri (2005), quando aplicado em pequenas proporções, em torno de 1%, além de reduzir a higroscopicidade das partículas de madeira, melhora também a estabilidade dimensional dos painéis.
- **Produtos retardantes ao fogo** – São compostos químicos que visam à repelência ao fogo, entre os quais podemos citar o fosfato de amônia, ácido bórico, sulfato de amônia e bromato de amônia (IWAKIRI, 2005).
- **Preservantes contra fungos e insetos** – Estes produtos também podem ser incorporados durante o processo de produção do painel, o que propicia um material de qualidade superior em termos de uso (CABRAL, 2005). Dosado em quantidade de 0,25 a 2,5%, são utilizados contra fungos, a base de boro, e insetos a base de piretróides – hexaclorociclohexano (IWAKIRI 2005).

3.5. Pesquisas realizadas sobre painéis de madeiras reconstituídas

Almeida e Tarrento (2015) avaliaram em sua pesquisa, por meio de ensaios de tração perpendicular de painéis de MDF de 15 mm, a possibilidade da redução do uso de resinas na fabricação do produto, fazendo uso de diferentes dosagens de resina ureia formaldeído (12%, 10% e 8%) e estimando quantitativamente, entre as dosagens de resinas ensaiadas, a possibilidade de redução do uso de resinas, desde que atendida à tolerância mínima imposta pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), que é de 0,55 N/mm² para painéis não estruturais para uso em condições secas.

Na pesquisa de Almeida e Tarrento (2015) tendo como base o estudo realizado em laboratório, foi constatado que a redução, de 12% para 10,5% nas dosagens de resina aplicadas no material manteve a resistência à tração no nível de 0,55N/mm², atendendo ao requisito da norma da ABNT. Nesse sentido, observou-se na pesquisa que é possível trabalhar com a hipótese de redução de resina.

Bueno (2014) avaliou em sua pesquisa 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. No 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.

Um dos resultados da pesquisa de Bueno (2014) mostrou que o traço com 100% SC (T5) utilizando o adesivo uréia-formaldeído, na proporção de 10% da massa total do painel, 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.

Belini (2010) estudou chapas MDF de fibras da madeira de *Eucalyptus grandis* confeccionadas em laboratório e em linha de produção industrial, sendo determinadas suas propriedades anatômicas, físicas e mecânicas.

Os painéis MDF obtidos em linha de produção apresentaram menores valores de inchamento e de absorção e melhores propriedades mecânicas para módulo de ruptura, módulo de elasticidade e resistência à tração superficial. Para os painéis MDF confeccionados em laboratório, verificou-se correlação estatisticamente significativa entre módulo de ruptura e de elasticidade, densidade média e resistência à tração perpendicular e inchamento e absorção. Para os painéis MDF confeccionados em linha de produção industrial, verificaram-se as mesmas tendências, sem significância estatística.

Eleotério (2000) produziu painéis de MDF (*Medium Density Fiberboard*) em laboratório, com diferentes densidades (550 e 750 kg/m³) e diferentes teores de adesivo (6, 8, 10, 12 e 14%), com o objetivo de avaliar o efeito destes dois fatores, bem como sua interação sobre o módulo de elasticidade e ruptura, adesão interna, inchamento em espessura e absorção de água. Os resultados apresentaram correlação significativa com os fatores teor de resina e densidade.

Melo *et al.* (2009), avaliaram-se as propriedades físico-mecânicas de painéis aglomerados produzidos com diferentes proporções de madeira (*Eucalyptus grandis*) e casca de arroz. Para caracterização dos painéis produzidos com os adesivos ureia-formaldeído e tanino-formaldeído, nas proporções 0, 20, 40, 60, 80 e 100% de casca de arroz, determinaram-se as propriedades físicas (massa específica; teor de umidade; absorção de água e inchamento em espessura após 2 e 24 horas de imersão em água), e de resistência mecânica (flexão

estática; ligação interna e arrancamento de parafusos). Os resultados obtidos indicaram que o acréscimo da casca de arroz proporcionou uma maior instabilidade e uma menor resistência das chapas. Quando confeccionados utilizando a resina à base de tanino, os painéis apresentaram qualidade superior.

Belini *et al.* (2015) avaliou o teor de formaldeído livre em painéis confeccionados com diferentes percentagens de fibras de eucalipto e partículas de bagaço de cana-de-açúcar. Os painéis foram aglutinados com diferentes dosagens de resina uréica (UF), 13%, 14% e 16%, e tiveram o teor de formaldeído determinado pelo método “perforator” e comparado com a literatura especializada.

Foi constatado na pesquisa realizada por Belini *et al* (2015) que o aumento da percentagem de bagaço de cana-de-açúcar na matriz fibrosa de eucalipto promoveu redução significativa do teor de formaldeído livre.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Neste item são destacados todos os materiais e equipamentos utilizados no decorrer da pesquisa buscando objetividade e clareza:

4.1. Materiais utilizados

- ✓ Adesivo Uréia-formaldeído (UF 1,25) com formulação de 59% de teor de sólidos e 65,8 cp de viscosidade, com classificação de emissão de formol E2, fornecida e produzida pela Duratex SA;
- ✓ Madeira de eucalipto desfibrada, fornecida e produzida pela Duratex SA;
- ✓ Solução aquosa de sulfato de amônia com teor de sólidos de 15%;
- ✓ Emulsão de parafina Durawax com teor de sólidos de 50%, fornecida e produzida pela Duratex SA;
- ✓ Cola termo adesiva Hot-Melt -Technomelt Q3127 da marca Henkel;
- ✓ Adesivo PVA com 52% de teor de sólidos comercializado pela empresa Cascorez na linha Extra.

4.1.1. Equipamentos utilizados

- ✓ Serra circular de mesa com adaptações da marca Invicta modelo SCI 1;
- ✓ Lixadeira de cinta da marca Bosch modelo GBS 75 AE de 700 watts;
- ✓ Lixa de grana 80;
- ✓ Blocos metálicos para tração com superfície uniforme;
- ✓ Chapa aquecedora;
- ✓ Banho-maria com circulação de água em temperatura ambiente;
- ✓ Máquina universal de ensaio da marca Imal modelo IB600, 220 volts;
- ✓ Balança semi-analítica com precisão de 0,001g da marca Filizola modelo ID-S de 220 volts;
- ✓ Prensa hidráulica com sistema de aquecimento, controle de espessura e pressão variáveis, marca Siempelkamp;
- ✓ Encoladeira em aço inoxidável com pás giratórias e sistema de circulação de ar e aspersão pneumática, capacidade 200 litros;
- ✓ Medidor de umidade marca Mettler Toledo modelo HG53 – 220 volts;

- ✓ Prensa pneumática em aço inoxidável (pré-prensa).
- ✓ Analisador de densidade marca Grecon modelo DAX5000.
- ✓ Agitador de laboratório com controle de velocidade de 0 a 2000 rpm, 220 volts e potência de 90 watts.
- ✓ Estufa com circulação mecânica modelo 320E fabricada pela FANEM.

4.2. Metodologia

Neste item é apresentada a metodologia utilizada no desenvolvimento da pesquisa.

4.2.1. Insumos e equipamentos utilizados

Todos os insumos bem como os equipamentos utilizados foram disponibilizados pela empresa fabricante de painéis Duratex SA, o projeto foi desenvolvido nos laboratórios da empresa nas unidades de Agudos/SP e Botucatu/SP.

4.2.2. Resina Uréia-Formaldeído (UF), Sulfato de Amônio, Emulsão de Parafina líquida e Adesivo PVA (Poliacetato de Vinila)

A resina ureia-formaldeído utilizada foi produzida pelo próprio fabricante de painéis, na unidade de Agudos/SP, apresentando teor de sólidos de 59%, com emissão de formol classe E2.

O sulfato de amônio (catalisador) fornecido é o mesmo proveniente do processo produtivo da empresa, já diluído em solução aquosa e apresentando teor de sólidos de 15%.

A Emulsão de parafina também é produzida pelo próprio fabricante de painéis (Durawax), na unidade de Agudos/SP, apresentando teor de sólidos de 50%, com coloração característica branca e leitosa.

O adesivo PVA apresentou 52% de teor de sólidos, este adesivo é comercializado pela empresa Cascorez na linha Extra.

4.2.3. Fibra de Eucalipto

A fibra de eucalipto utilizada foi retirada da linha de produção de painéis de MDF, posteriormente foram colocadas em estufa de aquecimento de circulação mecânica com temperatura controlada de 105°C até atingir a umidade desejada de 3%.

O processo de produção destas fibras na indústria consiste no descascamento das torras vindas das áreas de reflorestamento, posteriormente são picadas em pequenos pedaços, chamados de “cavacos”, em seguida sofre um processo de lavagem e cozimento para finalmente passar pelo desfibrador, transformando os cavacos em fibras.

Na indústria, após o desfibrador, as fibras seguem para o secador, para ajustar a umidade, e em seguida recebem a resina e os aditivos. No laboratório este processo foi realizado na estufa, antes de realizarmos a aplicação das resinas e aditivos.

A Figura 12 ilustra parte da fibra de eucalipto coletada na linha de produção, seca em estufa, para produção dos painéis da pesquisa.



Figura 12. Fibra de eucalipto seca estufa (Fonte: Autor).

4.2.4. Formulação dos painéis

A pesquisa foi formulada através da produção de painéis com diferentes porcentagens de resinas. As dosagens dos adesivos PVA e UF seguiram as seguintes proporções: 30%, 50% e 70%, e para efeito de comparação com as amostras produzidas com a mistura de PVA foram fabricadas provas em branco com 100% uréia-formaldeído.

A massa dos insumos foi calculada com base no peso da fibra de eucalipto seca, ou seja, considerando-se a fibra com umidade em 0%, sendo que a quantidade do insumo a ser dosada é calculada com base no teor de sólidos do componente, ou seja, despreza-se a quantidade de água do insumo. Somente o Sulfato de Amônio foi calculado com base na massa sólida do adesivo UF, por se tratar de um catalisador específico para esta resina, e um agente sequestrador de formol livre, sendo estas características presentes somente no adesivo UF.

Foram produzidos 16 painéis, sendo quatro para cada traço: quatro provas em branco (PB) com 100% de adesivo UF, quatro com 30% PVA e 70% UF, quatro com 50% PVA e 50% UF, e quatro com 70% PVA e 30% UF. Os percentuais dosados de cada insumo foram de:

- Adesivo (UF ou PVA+UF) = 12,5% sobre a massa de fibra seca.
- Emulsão = 0,8% sobre a massa de fibra seca.
- Sulfato de amônio = 1,5% sobre a massa de resina UF sólida.

Após definição da formulação dos traços, foram denominados os painéis, ficando determinados conforme o grupo de formulação, sendo: traço T1, painel de MDF com 100% do adesivo UF, também chamado de prova em branco - PB (será o “padrão” a ser comparado com os demais traços). Traço T2, painel de MDF com 70% de adesivo UF e 30% do adesivo PVA. Traço T3, painel de MDF com 50% de adesivo UF e 50% do adesivo PVA. Traço T4, painel de MDF com 30% de adesivo UF e 70% do adesivo PVA.

A quantidade de fibra de eucalipto foi dimensionada a partir da densidade média esperada dos painéis, que foi de 750 kg/m³, levando-se em consideração as dimensões dos painéis produzidos (39 x 39 cm), com espessura prevista e aproximada de 15 mm.

A equação aplicada para calcular a quantidade dos componentes adesivos (UF e PVA) e a emulsão de parafina, a ser aplicado na forma líquida na fibra, que no trabalho foi

denominada Massa Total (MT), representada pela Equação 1 (Massa sólida do componente) e pela Equação 2 (Massa total líquida a ser aplicada), sendo determinadas por:

$$MS = MF \times \left\{ \left[1 - \left(\frac{UF}{100} \right) \right] \times \left(\frac{PM}{100} \right) \right\} \quad (1)$$

$$MT = \frac{MS}{\left(\frac{TS}{100} \right)} \quad (2)$$

Onde:

MS = Massa Sólida do componente

MF = Massa da fibra utilizada

UF = Umidade da fibra após secagem em estufa

PM = Percentual do componente a ser aplicado

MT = Massa total líquida a ser aplicada

TS = Teor de sólidos do componente a ser aplicado

Para determinar a massa total líquida de Sulfato de Amônio (catalisador) a ser aplicada (MTC), como sua massa é diretamente proporcional à quantidade de adesivo UF, o cálculo levou em consideração as variáveis específicas (teor de sólidos e volume) do adesivo UF. A Equação 3 (Massa sólida de catalisador), e a Equação 4 (Massa total líquida de catalisador):

$$MSC = MUF \times \left\{ \left(\frac{TSUF}{100} \right) \times \left(\frac{PC}{100} \right) \right\} \quad (3)$$

$$MTC = \frac{MSC}{\left(\frac{TSC}{100} \right)} \quad (4)$$

Onde:

MSC = Massa sólida de catalisador

MUF = Massa do adesivo Uréia-Formaldeído

TSUF = Teor de sólidos do adesivo Uréia-Formaldeído

PC = Percentual do catalisador a ser aplicado

MTC = Massa total líquida de catalisador a ser aplicado

TSC = Teor de sólidos do catalisador

Na Tabela 1 são apresentadas as quantidades de matéria-prima empregada para a produção de um painel de MDF. Nesta planilha os valores já foram convertidos em massa líquida (MT e MTC).

Tabela 1. Formulação dos traços para cada painel desenvolvido (Fonte: Autor).

Traço	MATERIAIS (g)					Percentual Traço
	Adesivo UF	Adesivo PVA	Emulsão de Parafina	Sulfato de Amônia	Fibra de Eucalipto	
T1	390,47	-	29,49	23,04	1900	100% UF
T2	273,33	132,91	29,49	16,13	1900	70% UF 30% PVA
T3	195,18	221,46	29,49	11,52	1900	50% UF 50% PVA
T4	117,14	310,12	29,49	6,91	1900	30% UF 70% PVA

4.2.5. Fabricação dos Painéis

Após determinada a formulação dos painéis e a quantidade de traços a ser pesquisada foram iniciadas as etapas de produção. Este processo consistiu primeiramente na pesagem das massas de cada componente, seguindo a Tabela 1 de formulação dos traços, e na confirmação do teor de umidade da fibra, no qual ficou ajustada em no máximo 3%. Na Figura 13 é ilustrada a estufa de secagem das fibras e a medição da umidade da fibra.

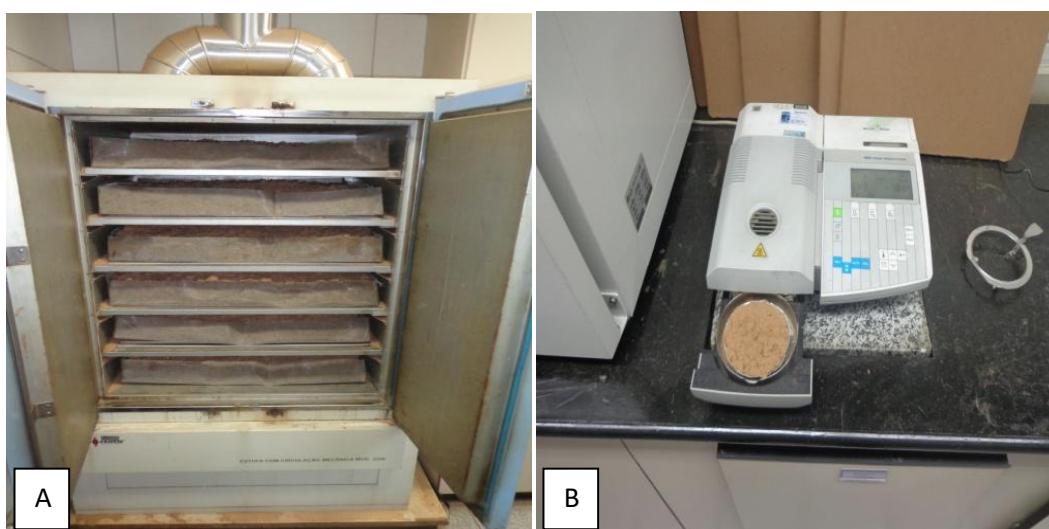


Figura 13. Estufa com circulação mecânica (A) e medidor de umidade (B) (Fonte: Autor).

Após a pesagem dos insumos ocorreu o processo de encolagem, ou seja, os adesivos e os aditivos foram aplicados na fibra por aspersão pneumática em um equipamento denominado encoladeira. O tempo de encolagem variou de acordo com a viscosidade dos insumos aplicados, na média levou-se em torno de 10 minutos para a produção de cada painel.

A encoladeira é um equipamento de fabricação própria da empresa Duratex, sendo basicamente composta por um tambor metálico com pás giratórias, o sistema de aspersão pneumático e um sistema de circulação de ar interno.

Na Figura 14 está ilustrado o processo de encolagem das fibras no equipamento denominado encoladeira:



Figura 14. Processo de encolagem das fibras com os adesivos e aditivos – vista interna da encoladeira (A), vista geral da encoladeira com o sistema de aspersão (B) (Fonte: Autor).

Após o processo de encolagem, as fibras foram acondicionadas em um recipiente retangular de madeira, e em seguida seguiram para a pré-prensagem. A pré-prensagem teve por objetivo retirar o excesso de ar contido entre as fibras e reduzir o tamanho do colchão de fibras que posteriormente seguiu para a prensagem final.

O processo de pré-prensagem consistiu inicialmente da colocação manual das fibras encoladas em um dispositivo metálico (caixa de aço inoxidável sem fechamento nas extremidades transversais), distribuindo as fibras de maneira uniforme, em seguida foi posicionada em um equipamento composto por um cilindro pneumático que continha na extremidade da haste do cilindro uma chapa retangular metálica com dimensões ajustada com

o tamanho do dispositivo metálico, onde estavam acondicionadas as fibras, em seguida o cilindro pneumático foi acionado com pressão de 6 bar durante aproximadamente 1 minuto.

Na Figura 15 é ilustrada as fibras sendo distribuídas no recipiente de madeira (A) após a encolagem, em seguida as fibras sendo distribuídas no dispositivo de metal (B), e então o processo de pré-prensagem (C).



Figura 15. Retirada das fibras da encoladeira (A), acondicionamento de forma uniforme no dispositivo da pré-prensa (B), e a pré-prensagem pelo cilindro pneumático (C) (Fonte: Autor).

Na Figura 16 é mostrado o colchão de fibras pré-prensado, sendo preparado para seguir para a prensagem final.



Figura 16. Colchão de fibras encoladas pré-prensado (Fonte: Autor).

Depois de concluída a pré-prensagem o colchão de fibras seguiu para a prensa aquecida. Os parâmetros iniciais de prensagem adotados foram:

- Tempo de prensagem – 160 segundos
- Temperaturas dos pratos de aquecimento – 175°C

Na Figura 17 é ilustrado o colchão de fibra sendo posicionado nos pratos de aquecimento da prensa.



Figura 17. Colchão de fibras encoladas sendo posicionado na prensa (Fonte: Autor).

Muitas variáveis estão envolvidas no processo de produção de painéis MDF, especialmente no momento de prensagem.

Durante a prensagem diversos fatores interagem, onde os principais são: o tempo, a temperatura, a pressão, a velocidade de fechamento da prensa e o teor de umidade do colchão.

A temperatura de prensagem interfere nos painéis e sua principal função durante o processo de prensagem é acelerar a polimerização da resina distribuída entre as fibras, onde ocorre a densificação do material por um processo mecânico de deformação até a espessura

final, um aquecimento do material e, conseqüentemente, um processo químico que conduz a cura da resina.

Em relação ao ciclo de prensagem aplicado, os painéis foram produzidos com as seguintes etapas:

- Iniciou-se a prensagem do colchão, e em 12 segundos a pressão atingiu 40 bar e o colchão atingiu 37,5 mm de espessura.
- Em seguida a pressão foi sendo aumentada gradativamente até 102 bar (pressão máxima), em um intervalo de mais 12 segundos.
- Esta pressão nominal (102 bar) foi mantida por 5 segundos, nesta etapa o calor foi transferido da camada superficial para o centro do painel, onde ocorreu a formação de vapor nas faces do colchão, plasticizando a madeira e facilitando sua compressão.
- Em seguida a pressão foi reduzida gradativamente para degasagem do vapor e cura completa da resina, em 15 segundos a pressão chega a 58 bar, depois em 7 segundos foi reduzida a 32 bar, e seguida novamente reduzida a 12 bar num período de 20 seg.
- Depois foi mantida uma pressão nominal de 10 bar por 40 seg.
- Posteriormente a pressão linear foi elevada para 37,5 bar por 5 segundos para que a chapa atingisse a espessura desejada (calibração de espessura – 15 mm).
- Após, a prensagem foi reduzida gradativamente para 20 bar por um período de 55 segundos e assim atingindo a espessura desejada da chapa.
- A prensa foi aberta e o painel de MDF foi formado, retirou-se a chapa deixando-a resfriar em temperatura ambiente.

Na Figura 18 é apresentado o ciclo de prensagem dos painéis de MDF.

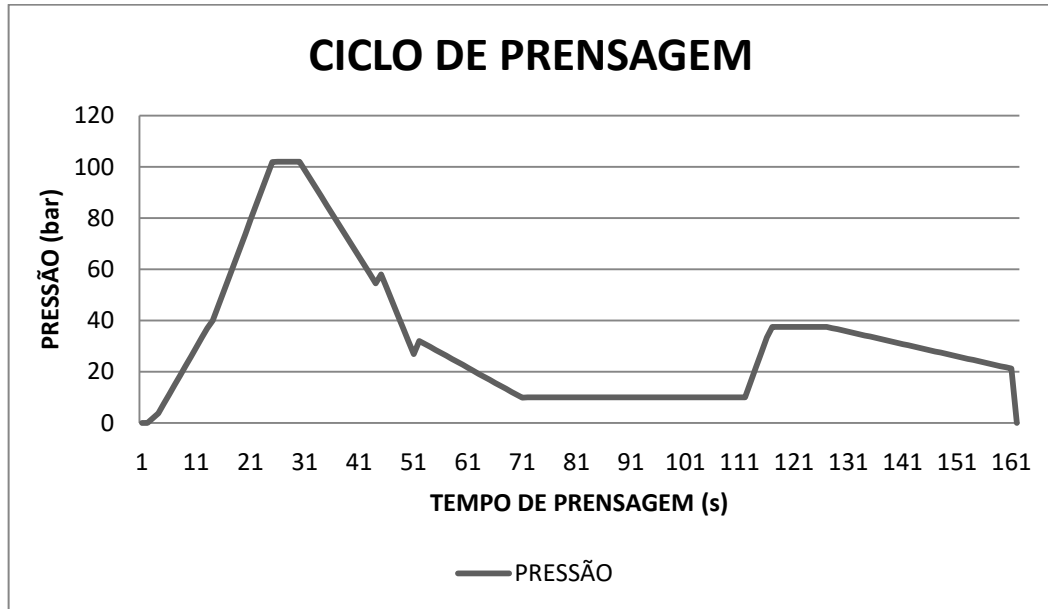


Figura 18. Ciclo de prensagem dos painéis (Fonte: Autor).

Depois de concluída a prensagem dos painéis e aguardado seu resfriamento, foram definidos os planos de cortes para realização dos testes tecnológicos exploratórios conforme NBR 15316-2:2015. Na Figura 19 é apresentado parte dos painéis produzidos na pesquisa.



Figura 19. Parte dos painéis de MDF fabricados para testes exploratórios (Fonte Autor).

A definição do plano de corte seguiu as recomendações da norma NBR 15316-2:2015, onde foram realizados os seguintes ensaios físicos: densidade, inchamento em espessura em 24hs, absorção de água em 24hs e teor de umidade, os corpos de prova para estes ensaios tiveram 50 x 50 mm de dimensão. Também foram realizados os ensaios mecânicos sendo: tração perpendicular às faces (50 x 50 mm), e flexão estática (300 x 50 mm). Para a análise de perfil de densidade foram utilizados corpos de prova com dimensões de 50 x 50 mm. Foram utilizados 12 corpos de prova para cada ensaio, sendo três de cada painel fabricado do mesmo traço. Em relação ao ensaio para determinação do teor de formol, foram retirados 100g dos painéis (para cada traço), com dimensões de 25 x 25 mm.

Em relação aos ensaios de flexão estática (MOE e MOR) a norma NBR 15316-2:2015 estabelece no anexo “A”, Tabela A.1 na nota “d” que se obtenha metade dos corpos de prova na direção transversal e metade na direção longitudinal dos painéis, isso se tratando de painéis com dimensões industriais, onde devido as variáveis do processo em escala industrial poderá ocasionar discretas variações, porém, tendo em vista o reduzido tamanho do painel produzido no laboratório e as poucas variáveis, nesta pesquisa as amostras foram retiradas todas no mesmo sentido.

Os resultados mecânicos foram obtidos através da máquina universal de ensaios em kg/cm^2 , e a NBR 15316-2:2015 apresenta os valores dos critérios em N/mm^2 , na pesquisa os valores estão expressos em kg/cm^2 , onde foram convertidos utilizando como base o fator de conversão equivalente de $0,0980665 \text{ N/mm}^2$ correspondendo a 1kgf/cm^2 .

Na Figura 20 está descrita a configuração do plano de corte que os painéis produzidos foram serrados.

PAINEL DE 39 X 39cm					10 - RESISTÊNCIA A FLEXÃO E MÓDULO DE ELASTICIDADE	7 - TEOR DE UMIDADE	2 - RESISTÊNCIA A FLEXÃO E MÓDULO DE ELASTICIDADE	1 - RESISTÊNCIA A FLEXÃO E MÓDULO DE ELASTICIDADE
30 FORMOL	27 FORMOL	24 FORMOL	23 FORMOL	22 FORMOL		4 - INCHAMENTO E ESPESSURA		
31 FORMOL	28 FORMOL	25 FORMOL	21 - INCHAMENTO E ESPESSURA			5 - TRAÇÃO PERPENDICULAR		
32 FORMOL	29 FORMOL	26 FORMOL				6 - INCHAMENTO E ESPESSURA		
33 FORMOL	19 - PERFIL DE DENSIDADE		20 - TRAÇÃO SUPERFICIAL			7 - TEOR DE UMIDADE		
34 FORMOL						8 - TRAÇÃO PERPENDICULAR		
35 FORMOL	17 - SOBRA		18 - TRAÇÃO PERPENDICULAR			9 - TEOR DE UMIDADE		
36 FORMOL						4 - INCHAMENTO E ESPESSURA		
37 FORMOL	15 - PERFIL DE DENSIDADE		16 - TRAÇÃO SUPERFICIAL			5 - TRAÇÃO PERPENDICULAR		
38 FORMOL						6 - INCHAMENTO E ESPESSURA		
39 FORMOL	13 - SOBRA		14 - SOBRA		7 - TEOR DE UMIDADE			
40 FORMOL					8 - TRAÇÃO PERPENDICULAR			
41 FORMOL	11 - - PERFIL DE DENSIDADE		12 - TRAÇÃO SUPERFICIAL		9 - TEOR DE UMIDADE	44 - SOBRA	45 - SOBRA	
42 FORMOL					43 - SOBRA			

Figura 20. Plano de corte dos corpos de prova conforme NBR 15316-2:2015 (Fonte: Autor).

4.3. Ensaios Físicos

Neste item estão apresentados os ensaios físicos empregados nesta pesquisa. Para realização destes ensaios foram utilizados os seguintes equipamentos: balança semi-analítica, com resolução de 0,01 g; máquina de universal de ensaio universal Imal com medidor de dimensões; paquímetro; serra circular com guia e trena milimetrada e calibrada. As definições e os métodos de avaliação tiveram como base a norma ABNT NBR 15316-2:2015 nas condições secas para uma espessura de 15 mm.

4.3.1. Determinação da Densidade

Densidade é definida como sendo o quociente entre massa (m) da amostra e o volume (v) da mesma, sendo o volume definido como sendo o produto resultante do comprimento, largura e espessura do mesmo corpo de prova.

Este ensaio foi realizado na máquina de ensaio universal Imal, no qual computa os valores através de um posicionador, que consiste em um eixo acionado por um cilindro pneumático equipado com um sensor de distância, onde os valores obtidos são computados automaticamente no software do equipamento.

Para determinação da densidade foi utilizado o software do aparelho de teste Imal, onde foram registrados os resultados de medição dos corpos de prova, também foram digitados os dados referentes ao tipo de material, horário, nome do executor e definição do teste. Posicionado o cursor na coluna correspondente ao “Peso”, foi determinado o comprimento, a largura, espessura e a massa acionando os seus botões correspondentes para cada corpo de prova. O peso foi determinado utilizando a balança semi-analítica acoplada à máquina universal de ensaio. A Equação 5 (Densidade do painel) demonstra o cálculo de densidade.

$$d = \frac{m}{c \times \ell \times e} \quad (5)$$

Onde:

d = densidade do material, g/cm³.

m = peso do corpo de prova, em g.

c = comprimento do corpo de prova, em cm.

ℓ = largura do corpo de prova, em cm.

e = espessura do corpo de prova, em cm.

4.3.2. Determinação do Inchamento em espessura e Absorção de água (24hs)

Este ensaio foi aplicado para determinar o aumento percentual da espessura que um corpo de prova apresentou após ficar imerso 24 h em água a 20°C. Quanto à absorção, o objetivo foi evidenciar o aumento percentual do peso de um corpo de prova, quando imerso em água a 20°C durante 24hs. Atualmente o ensaio de absorção de água não é especificado na norma NBR 15316-2:2015, porém seguiu-se os padrões utilizados pelas indústrias produtoras de painéis.

Para determinação do inchamento em espessura (I) e absorção em água (A), ambas de 24hs, primeiramente encheu-se um reservatório com água de modo que os corpos de prova ficaram totalmente submersos com temperatura do termostato controlada constantemente ajustada em 20°C. Foram lixadas homoganeamente ambas as faces dos corpos de prova, para

que não apresentassem irregularidades/imperfeições nas superfícies. Em seguida foram realizadas as medições de espessura (E_0) no centro dos mesmos, antes da imersão, e foram pesados os corpos de prova, antes da imersão (M_0).

Após a água do reservatório ter atingido a temperatura desejada (20°C), os corpos de prova foram submergidos, e após 24 h de imersão foram retirados; enxugados com papel absorvente, tomando o cuidado para retirar todo o excesso de água. Em seguida foram aferidas as novas espessuras (E_1) dos corpos de prova no seu centro, com resolução de 0,01 mm, e novamente verificado as massas dos corpos de prova (M_1), com precisão de 0,1 g.

Os cálculos foram determinados através da Equação 6 (Determinação do inchamento em espessura 24hs) e Equação 7 (Determinação da absorção de água 24hs).

$$I = \left[\frac{E_1 - E_0}{E_0} \right] \times 100 = \left[\frac{E_1}{E_0} - 1,0 \right] \times 100 \quad (6)$$

Onde:

I = inchamento da espessura em %.

E_1 = espessura do corpo de prova após imersão de 24h, em mm.

E_0 = espessura do corpo de prova antes da imersão, em mm.

$$A = \left[\frac{M_1 - M_0}{M_0} \right] \times 100 = \left[\frac{M_1}{M_0} - 1,0 \right] \times 100 \quad (7)$$

Onde:

A = absorção da água em %.

M_1 = peso do corpo de prova após ficar submerso 24 h, em g.

M_0 = peso normal do corpo de prova antes da imersão, em g.

4.3.3. Determinação do teor de umidade residual

A determinação do teor residual de água que um corpo de prova apresenta, é quantificado pela porcentagem de água desprendida quando submetido por um período de tempo a uma temperatura constante.

A determinação do teor de umidade consistiu inicialmente em serrar os corpos de prova conforme determinado no plano de corte, foram analisados as suas massas individualmente com balança de resolução de 0,01 g (P_1); posteriormente foram colocados os corpos de prova em estufa a $105 \pm 5^\circ\text{C}$ por, no mínimo 6 horas, sendo a massa final anotada e

denominada como P2. A Equação 8 (Determinação do teor de umidade) foi utilizada para os cálculos da umidade residual da pesquisa.

$$\% U = \left(\frac{P_1}{P_2} - 1 \right) \times 100 \quad (8)$$

Onde:

U = umidade residual, em %;

P1 = peso inicial do material em gramas;

P2 = peso seco do material, em gramas.

4.4. Ensaios mecânicos

Neste item estão apresentados os ensaios mecânicos aplicados na pesquisa. Os ensaios foram realizados tendo como equipamento principal a máquina de ensaios universal Imal, sendo que todos os cálculos e medições são realizados pelo software do equipamento, sendo posteriormente demonstrado através de relatórios.

4.4.1. Determinação da Resistência a Flexão e Módulo de Elasticidade

Resistência à flexão é a resistência que um corpo de prova, apoiado em seus extremos, oferece quando sujeito a uma força aplicada em seu centro, até a ruptura. O módulo de elasticidade é uma constante física que expressa o nível de rigidez de um material, determinado durante o regime elástico, onde não há alteração das suas características originais.

Os ensaios consistiram inicialmente em aferir as medidas, as larguras e espessuras de cada corpo de prova. Foram colocados os extremos do corpo de prova sobre os apoios do aparelho (máquina de ensaio universal Imal), de modo que o dispositivo ao aplicar a carga, coincida com o centro do corpo de prova; foram setados os parâmetros para ajuste da máquina, sendo a velocidade de 15 mm/min; os valores de ruptura foram registrados pelo próprio equipamento.

Para o cálculo do módulo de ruptura (MOR) foi utilizada a Equação 9 (Determinação do MOR) e para determinar o módulo de elasticidade foi aplicada a Equação 10. (Determinação do MOE).

- Flexão Estática:

$$MOR = \frac{3 \times F_{m\acute{a}x} \times \ell}{2 \times b \times t^2} \quad (9)$$

Onde:

MOR = resistência à flexão, em kgf/cm²;

F_{máx.} = carga de resistência (máxima), em kgf;

ℓ = distância entre o centro dos suportes, em cm;

b = largura do corpo de prova, em cm;

t = espessura do corpo de prova, em cm.

- Módulo de Elasticidade:

$$MOE = \frac{\ell^3 \times (F_2 - F_1)}{4 \times b \times t^3 (a_2 - a_1)} \quad (10)$$

Onde:

MOE = módulo de elasticidade, em kgf/cm²;

ℓ = largura dos corpos de prova, em mm;

t = espessura dos corpos de prova, em mm;

F₂ – F₁ = Forças conforme Figura 21.

a₂ – a₁ = Aumento da deflexão conforme Figura 21.

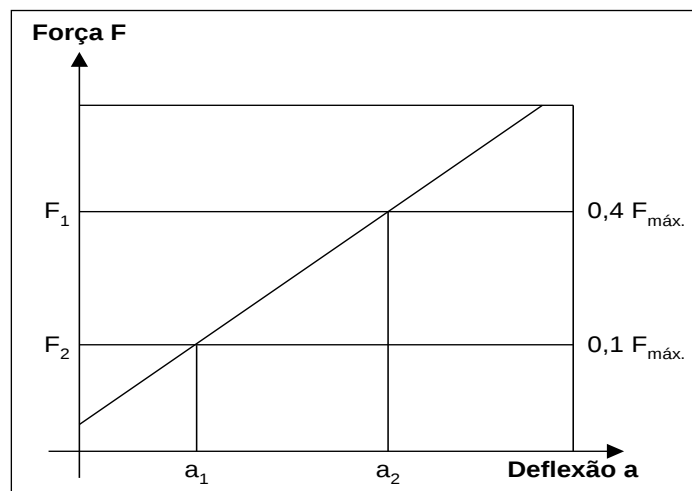


Figura 21. Aumento da deflexão para cálculo de MOE (Fonte: Autor).

4.4.2. Determinação da Resistência à Tração Superficial

A determinação da tração superficial consiste em calcular a resistência que um corpo de prova oferece, quando submetido a uma força de tração aplicada perpendicularmente ao plano da face, para promover o arranque de determinada área da camada superficial. Atualmente esse ensaio não é especificado na norma NBR 15316-2:2015, porém seguiu-se os padrões utilizados pelas indústrias produtoras de painéis.

O ensaio decorreu inicialmente no lixamento da face do corpo de prova, onde se realizou o ensaio, até eliminar a sobre-espessura, deixando a uniforme. Foi confeccionada, na superfície a ser testada, uma ranhura anelar, tendo como ponto central o centro geométrico do corpo de prova. O diâmetro desta ranhura foi de aproximadamente 35,7 mm, servindo como referência para a colagem do apoio metálico. Esta ranhura está ilustrada na Figura 22.

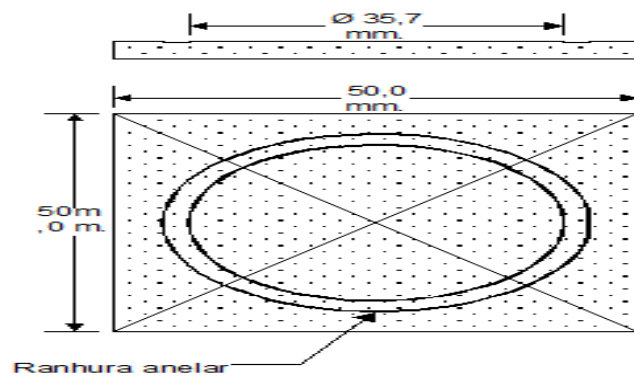


Figura 22. Ilustração da ranhura anelar na superfície a ser testada (Fonte: Autor).

Posteriormente foi aquecido o corpo auxiliar metálico, colocando sobre a sua superfície uma quantidade suficiente de adesivo, deixando fundir e colando sobre a superfície ranhurada do corpo de prova, tomando o cuidado para que o excesso de adesivo não ultrapasse a área demarcada pela ranhura anelar. Após a cura total do adesivo (o centro do corpo auxiliar deve ser o mesmo do corpo de prova); foi acoplado o conjunto ao suporte da máquina universal de ensaio e executado os testes acionando o equipamento com velocidade de 5 mm/min. Na Figura 23 é ilustrado o corpo de prova colado no suporte e ambos acoplados na máquina de ensaios.

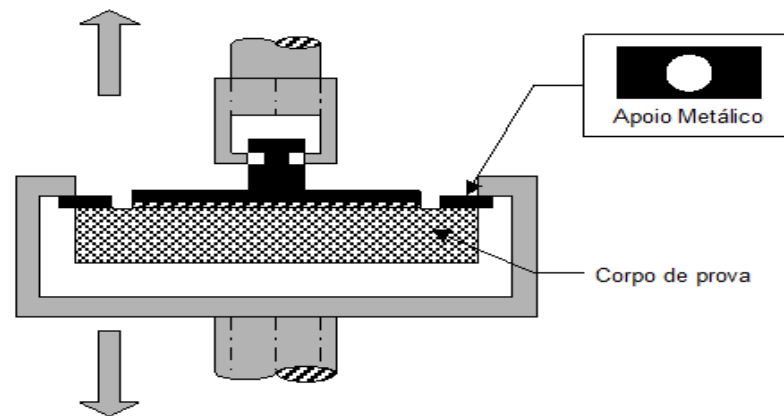


Figura 23. Corpo de prova colado no suporte e ambos acoplados na máquina de ensaios (Fonte: Autor).

Embora a máquina de ensaios apresente os resultados calculados, a expressão para determinação da tração superficial é demonstrada pela Equação 11 (Determinação da tração superficial).

$$TS = \frac{P}{S} \quad (11)$$

Onde:

TS = resistência superficial em kgf/cm².

P = força de ruptura em kgf.

S = área em cm².

Como a área de rompimento é constante e igual a 10 cm², podemos simplificar a fórmula aplicando a Equação 12 (Determinação da tração superficial simplificada).

$$TS = 0,1 \times P \quad (12)$$

Onde:

TS = resistência superficial em kgf/cm².

P = força de ruptura em kgf.

4.4.3. Determinação da Resistência à Tração Perpendicular

A determinação da tração perpendicular é descrita como a resistência que um corpo de prova oferece quando é submetido a uma força de tração aplicada perpendicularmente à sua superfície.

Inicialmente foi determinada a densidade de cada corpo de prova, em seguida as amostras foram lixadas de forma homogênea em ambas as faces, para que não ocorressem irregularidades nas superfícies. Posteriormente foram colados os corpos de prova entre os dois blocos metálicos, em lados opostos, com adesivo hot-melt previamente fundido, aplicando uma pressão moderada. Na Figura 24 é ilustrado este procedimento.

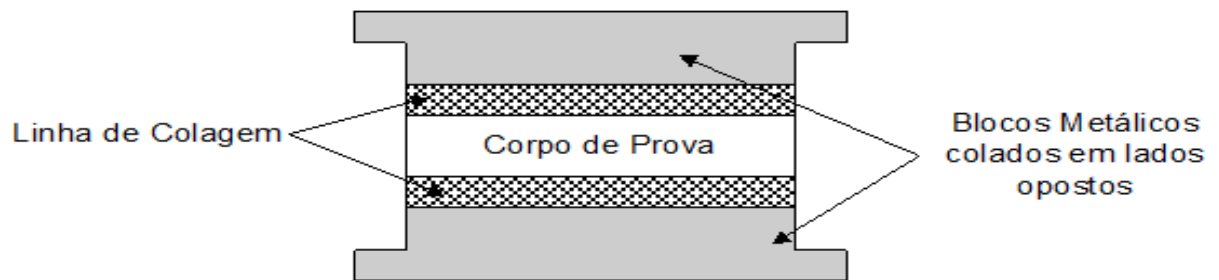


Figura 24. Corpos de prova colados entre os dois blocos metálicos em lados opostos (Fonte: Adaptação da NBR 15316-2:2015).

Após a colagem, o conjunto foi resfriado até atingir temperatura ambiente, permitindo assim a aderência completa nas linhas de colagem.

O conjunto foi acoplado no dispositivo para prender os blocos nas garras da máquina universal de ensaios; em seguida foram iniciados os testes em cada corpo de prova com a máquina em uma velocidade de 2 mm/min. Na Figura 25 é apresentado o dispositivo acoplado na máquina universal de testes.

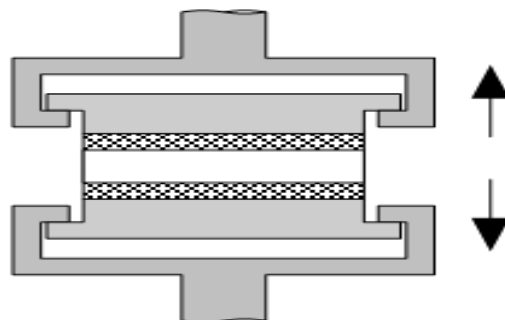


Figura 25. Dispositivo com o corpo de prova colado, acoplado na máquina universal de testes (Fonte: Adaptação da NBR 15316-2:2015).

Embora a máquina de ensaios apresente os resultados calculados, a expressão para determinação da tração perpendicular é demonstrada pela Equação 13 (Determinação da tração perpendicular).

$$Tp = \frac{Pi}{Si} \quad (13)$$

Onde:

Tp = resistência à tração perpendicular em kgf/cm².

Pi = carga de ruptura em kgf.

Si = área da superfície do corpo de prova em cm².

4.5. Determinação do Teor de Formol pelo Método Perforator

Esse método visa extrair o conteúdo de formaldeído do interior dos painéis. A extração foi realizada a quente, sendo colocados aproximadamente 100 g de corpos-de-prova de 25 mm por 25 mm em contato com 600 ml de tolueno em balão de fundo redondo sobre manta de aquecimento acoplado na base do aparelho chamado Perforator.

Quando o sistema atingiu a temperatura do ponto de ebulição do tolueno (110,8 °C) o formaldeído presente nos corpos-de-prova foi extraído e os vapores sendo estes levados até o condensador no topo do aparelho, onde se condensaram sobre um funil que possui em sua base um dispersor imerso em um litro de água deionizada presente no aparelho. Devido ao tolueno ser menos denso que a água e à maior solubilidade do formaldeído em água, este migra das pequenas gotículas de tolueno geradas pelo dispersor para a fase aquosa. Este processo foi mantido por aproximadamente 2 horas contadas a partir da formação das primeiras gotículas. Ao seu término foi desligado o aquecimento, aguardando-se o resfriamento do sistema à temperatura ambiente. O extrato foi retirado para o balão volumétrico de 2000 ml, juntando-se a este a água do frasco de segurança e duas lavagens de 200 ml de água deionizada cada.

O extrato final foi obtido aferindo-se o volume do balão de 2000 ml com água deionizada. A quantificação do formaldeído presente no extrato obtido foi realizada pelo método da acetilacetona e acetato de amônio. O resultado de cada extração foi calculado considerando a concentração de formaldeído no extrato, seu volume final, a massa utilizada

de corpos de prova e o teor de umidade presente no painel. O valor final de formaldeído emitido foi expresso em “mg de formaldeído / 100 g de material seco”.

4.6. Análise de Perfil de Densidade

O perfil de densidade foi realizado com um Densitômetro de Raios-X. Este ensaio teve como objetivo determinar a variação da densidade na espessura ao longo da amostra. O equipamento é composto de uma fonte de raios-x e um receptor, entre os quais as amostras foram posicionadas (fixada) por meio de um suporte que se move com uma mecânica de alta precisão, garantindo posicionamento e deslocamento infinitesimalmente exato.

A análise de perfil de densidade foi realizada de forma eletrônica em um equipamento com nome comercial de DAX5000, fabricado pela Grecon.

Para a realização dos testes as amostras foram cortadas e preparadas com dimensões de 50 x 50 cm, determinando: o peso, a espessura, a largura e o comprimento, anotando os valores no próprio corpo de prova. No medidor do perfil de densidade, através do microcomputador e software próprio do aparelho, inicialmente foi executado na área de trabalho o processo de carregamento do arquivo.

Na tela específica do teste foi selecionado o ícone “Leitura da Amostra”, abrindo as janelas para carregamento das informações do material a ser analisado, sendo:

- Amostras – onde foram inseridos os dados de largura, espessura, altura (comprimento) e peso, selecionado previamente o tipo da amostra.
- Informações das amostras – onde foram preenchidos os campos com as variáveis de processo e insumos relativos ao teste.

Após digitar os valores das amostras as mesmas foram colocadas no magazine, dentro do aparelho, onde foi dado início ao teste de medição de perfil de densidade, processo denominado por START DA-X, e após todos os testes serem preenchidos corretamente e todos os procedimentos realizados, foram emitidos os gráficos de cada amostra de painel.

Na Figura 26 são demonstrados os corpos de provas já cortados para os ensaios.

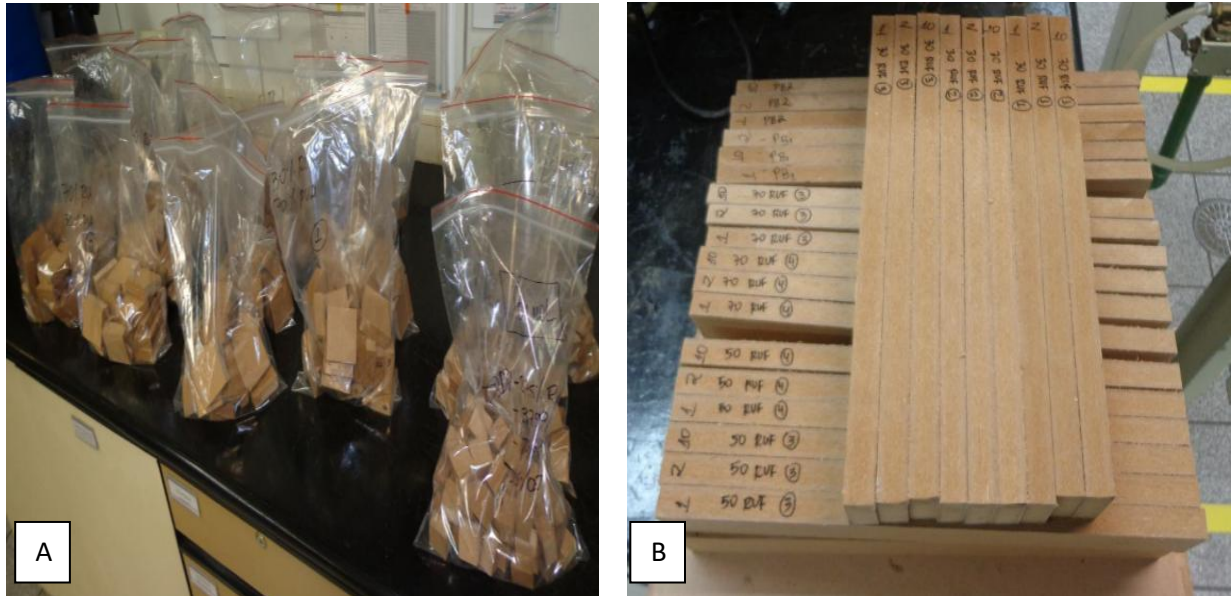


Figura 26. Corpos de prova para realização dos ensaios (A e B) (Fonte: Autor).

4.7. Análise Estatística

Após a coleta de dados realizadas através dos ensaios, foram aplicados métodos estatísticos para análise e interpretação destes. Para a realização das análises foram utilizados o software Microsoft Excel 2010 onde foram obtidos valores médio, mínimo, máximo e desvio padrão, e o software Assistat versão 7.7 pt, atualizado em agosto de 2016, onde foram aplicados os testes de análises de variância denominado Anova para os níveis de confiança de 95% e 99%, e em seguida os testes de Tukey mostrando se estas diferenças foram significativas entre estes grupos de painéis dentro de um nível de confiança de 95%.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste item é apresentado os resultados obtidos através dos ensaios físicos e mecânicos, avaliação de formol e dos perfis de densidades, comparando os painéis compostos com adesivos ureia-formaldeído (UF) e o adesivo alternativo poliacetato de vinila (PVA), tomando como base principal os valores de critérios estabelecidos pela norma NBR 15316-2:2015 para condições secas.

5.1. Ensaio de densidade

Todas as densidades ficaram dentro do critério de aceitação que preconiza a norma NBR 15316-2:2015, sendo estabelecido o range que vai de 651 a 800 kg/m³. A densidade desejada dos painéis foi de 750 kg/m³, sendo que somente os traços T1 e T2 atingiram este resultado, com densidades médias de 790,45 kg/m³ e 757,79 kg/m³ respectivamente. Notou-se que houve uma queda de densidade uniforme ao aumentar o teor do adesivo PVA, sendo menos acentuada entre os traços T3 com 741,14 kg/m³ e T4 que apresentou 726,01 kg/m³ de densidade, porém dentro da faixa especificada pela NBR. Na Figura 27 são mostradas as médias das densidades dos painéis na avaliação de densidade.

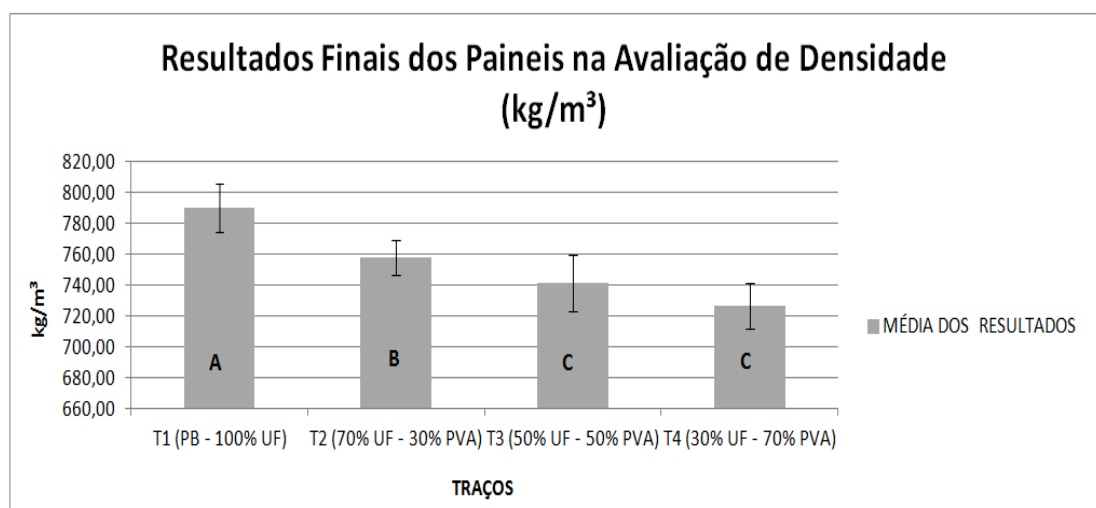


Figura 27. Resultados finais dos painéis na avaliação de densidade.

Em relação às análises estatísticas Anova evidenciou-se que as amostras apresentaram diferenças significativas ao nível de 1% de probabilidade, dependendo do percentual de cada adesivo utilizado (valor de $p = 0,0001$ / $F = 39,34$ / $F\text{-crit} = 4,26$). O teste de Tukey apresentou

que os traços T3 e T4 são equivalentes estatisticamente, pertencentes ao grupo C, e os traços T1 e T2 pertencem aos grupos distintos A e B respectivamente.

Analizando o trabalho de Belini (2010), no qual produziu painéis de MDF em escala laboratorial com as seguintes proporções de resinas e aditivos: resina ureia-formaldeído 11,0% (sólidos resina/fibra seca), emulsão de parafina 0,37% (sólidos emulsão/fibra seca) e catalisador sulfato de amônia 0,8% (sólidos de catalisador/sólidos de resina UF). Os resultados desta pesquisa foram comparados com painéis produzidos nas mesmas condições em escala industrial, ou seja, na linha de produção. Os resultados demonstraram que os painéis produzidos em laboratório tiveram resultados inferiores (695 kg/m^3) em relação à densidade nominal previamente estabelecida (700 kg/m^3), e ainda menores quando comparados com os painéis produzidos na linha de produção industrial (704 kg/m^3).

Belini (2010) justifica seus resultados destacando que em linha de produção, a resina e os aditivos são aplicados à massa de fibras da madeira por meio de processo em linha de encolagem pressurizada (*“blow line”*), com alta turbulência do sistema e aplicação atomizada dos aditivos, promovendo um recobrimento eficiente da resina na superfície externa da parede das fibras. Em escala laboratorial, os aditivos são aplicados por processo manual, utilizando pistolas de pressão com ar comprimido, e que podem apresentar um recobrimento menos efetivo da parede externa das fibras.

Na presente pesquisa, observa-se que embora os resultados tenham atingidos os valores estabelecidos pela norma NBR 5316-2:2015, observa-se uma queda nos valores com o aumento do teor do adesivo PVA. Esta queda acentuada pode estar relacionada ao mesmo fato destacado por Belini (2010) em sua pesquisa, pois com o menor recobrimento da parede externa da fibra ocorre também uma menor ligação interna entre as fibras, permitindo assim, ao concluir o processo de prensagem, que a espessura do painel aumente, diminuindo a densidade.

Comparando com a pesquisa realizada por Eleotério (2000), onde foram fabricados dez painéis com resina ureia-formaldeído (UF) na proporção de 10% sobre a massa de fibras, com densidades desejadas variando entre 600 a 800 kg/m^3 , e com mistura sem controle de fibras de *Pinus oocarpa* e *Pinus caribaea var hondurensis*, ficou evidenciado que os resultados dos painéis fabricados apresentaram densidades menores que as previamente estabelecidas (577 a 750 kg/m^3). Segundo Eleotério (2000) essa ocorrência é justificada 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 não houve espalhamento do colchão em demasia, tendo em vista que o processo de pré-prensagem teve por objetivo principal a retirada do excesso de ar entre as fibras, e que por consequência ajustou previamente as dimensões dos painéis, porém em relação ao aumento da espessura do painel após a abertura ou alívio da prensa, pode-se estender esta justificativa a esta pesquisa.

5.2. Resistência à flexão estática (módulo de ruptura e módulo de elasticidade)

Os resultados obtidos nos ensaios de resistência à flexão – módulo de ruptura (MOR), apresentaram resultados superiores ao estabelecido pela norma NBR 15316-2:2015, na qual especifica como valor mínimo 203,94 kg/cm². Os traços T1 e T2 foram os que tiveram os maiores resultados e mais próximos entre si, sendo T1 com 363,82 kg/cm², e T2 com 360,34 kg/cm², valores em torno de 75% superiores que o limite mínimo da norma. Já os traços T3 e T4 apresentaram resultados inferiores quando comparados com os dois primeiros, com 269,85 kg/cm² e 232,79 kg/cm² respectivamente. Embora todos os traços apresentaram resultados expressivamente superiores, é evidente que houve uma redução quando aplicado um maior percentual de adesivo PVA. Na Figura 28 são evidenciadas as médias dos resultados dos ensaios na avaliação de módulo de ruptura (MOR).

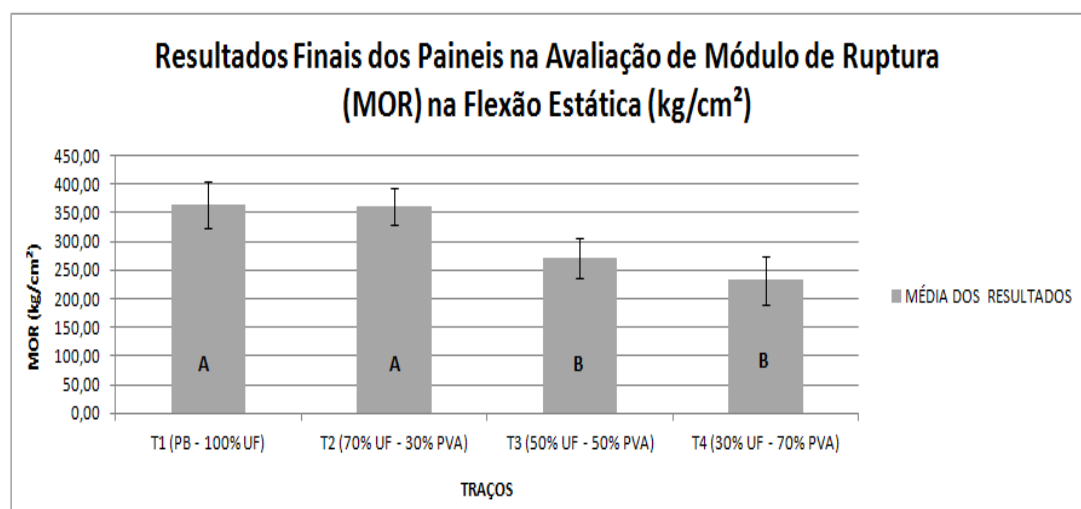


Figura 28. Resultados dos ensaios na avaliação de módulo de ruptura (MOR).

Nas avaliações estatísticas Anova os resultados apresentados indicaram que existem diferenças significativas ao nível de 1% de probabilidade entres os traços (valor de $p = 0,0001$ / $F = 36,26$ / $F\text{-crit} = 4,26$), ou seja, a formulação dos painéis é um fator determinante nos resultados de avaliação do módulo de ruptura (MOR). Quanto ao teste de Tukey, ficou evidenciado que os traços T1 e T2, são pertencentes ao grupo A e equivalentes entre si, e os traços T3 e T4 são pertencentes ao grupo B, e também são considerados estatisticamente equivalentes.

Na pesquisa de Melo *et al.* (2009), no qual produziu painéis com os adesivos ureia-formaldeído e tanino-formaldeído, nas proporções 0, 20, 40, 60, 80 e 100% de casca de arroz, em relação ao MOR, atenderam as exigências das especificações apenas as chapas que não utilizaram casca de arroz em sua composição, confeccionadas com ambas os adesivos analisados (valor mínimo do MOR de 112 kgf/cm^2 de acordo com a norma utilizada ANSI-1987), justificando que a adição de casca de arroz causou menor estabilidade dimensional e resistência mecânica. Diferentemente desta pesquisa, em que para todas as proporções de adesivos atendeu a norma NBR 15316-2:2015, embora houve queda nos resultados quando aumentado o valor do adesivo PVA, pode-se considerar que a adição deste adesivo também reduziu a resistência mecânica.

No estudo realizado por Bueno (2014) todos os traços desenvolvidos em laboratório não atenderam os valores previamente especificados de MOR, somente o painel adquirido comercialmente (T1) atingiu os valores desejados.

A queda nos resultados de MOR da presente pesquisa, ao adicionar um maior volume do adesivo PVA, pode estar associada à redução dos valores de densidade dos painéis, onde consequentemente houve uma menor adesão interna das fibras.

Em relação aos resultados de flexão estática – módulo de elasticidade (MOE) todos os ensaios apresentaram resultados satisfatórios quando comparados com a NBR 15316-2:2015, na qual especifica um valor mínimo de $22.433,76 \text{ kg/cm}^2$, sendo observada uma redução dos valores obtidos quando foi aumentado o teor de adesivo PVA. Os traços T1 e T2 novamente apresentaram resultados próximos, sendo T1 com $54.852,35 \text{ kg/cm}^2$, e T2 com $51.965,01 \text{ kg/cm}^2$. Quanto aos traços T3 e T4, os mesmos apresentaram resultados inferiores aos demais, sendo $42.615,22 \text{ kg/cm}^2$ e $34.440,68 \text{ kg/cm}^2$ respectivamente. Na Figura 29 são apresentadas as médias dos resultados encontrados, mostrando a redução dos valores quando aumentada a dosagem do adesivo PVA.

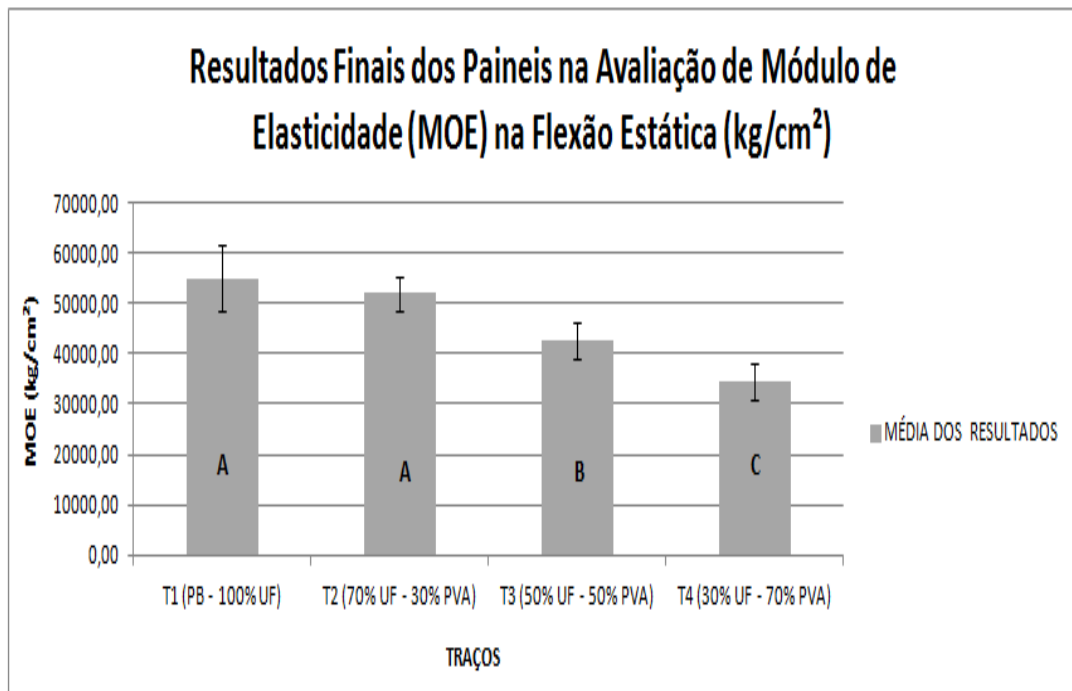


Figura 29. Resultados dos ensaios na avaliação de módulo de elasticidade (MOE).

Estatisticamente os resultados da Anova mostraram diferença significativa ao nível de 1% de probabilidade entre os traços (valor de $p = 0,0001$ / $F = 50,87$ / $F\text{-crit} = 4,26$), mostrando que o módulo de elasticidade está relacionado com o tipo de adesivo aplicado. No teste de Tukey foram constatados três diferentes grupos, sendo os traços T1 e T2 pertencentes ao grupo A e equivalentes entre si, ou seja, podem ser considerados compatíveis, e os traços T3 e T4 isolados e pertencentes os grupos B e C respectivamente, mostrando suas disparidades em relação aos demais traços.

Na pesquisa de Belini (2010) os valores encontrados para o MOE foram menores nos painéis produzidos em laboratório, quando comparados aos painéis produzidos em linha de produção industrial, porém em ambos os casos atenderam aos requisitos da norma. Belini (2010) destaca e comprova em sua pesquisa que existe uma forte correlação entre as densidades dos painéis e suas propriedades mecânicas, e que a maior densidade do painel afeta positivamente os valores do MOE.

Nesta pesquisa, a evidente redução dos valores do MOE e da densidade dos painéis ocasionadas pelo aumento da dosagem do adesivo PVA, também comprovam a afirmação e os resultados de Belini (2010).

5.3. Tração perpendicular

Nos ensaios de tração perpendicular apenas o traço T1, considerado como “prova em branco” produzido com 100% adesivo UF apresentou resultado satisfatório ($5,71 \text{ kg/cm}^2$) em relação à norma NBR 15316-2:2015, que estabelece como valor mínimo de $5,6 \text{ kg/cm}^2$. Os demais traços sofreram quedas representativas com o aumento do teor do adesivo PVA, o traço T2 obteve $3,73 \text{ kg/cm}^2$, o traço T3 apresentou $2,78 \text{ kg/cm}^2$ e o traço T4 com o menor resultado de $2,49 \text{ kg/cm}^2$. Na Figura 30 são apresentados os resultados médios finais para os ensaios de tração perpendicular.

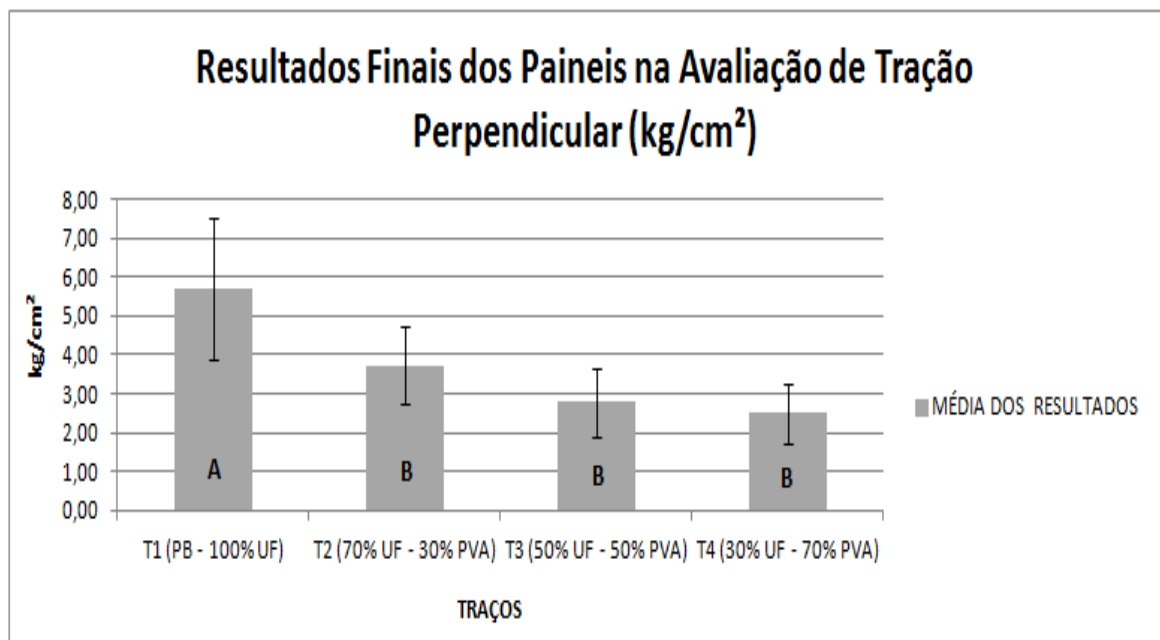


Figura 30. Resultados dos ensaios na avaliação de tração perpendicular.

Os resultados estatísticos Anova evidenciaram que existem diferenças significativas ao nível de 1% de probabilidade entre os traços (valor de $p = 0,0001$ / $F = 18,00$ / $F\text{-crit} = 4,26$), demonstrando a prevalência do adesivo na determinação do resultado de tração perpendicular. Quanto ao teste de Tukey, os resultados indicaram a formação de somente dois grupos, sendo o grupo A composto pelo traço T1 isoladamente, mostrando novamente que somente este adesivo atingiu o resultado esperado, e os demais traços equivalentes entre si, formando o grupo B, ou seja, evidenciando que os mesmos são homogêneos no que diz respeito ao resultado final insatisfatório.

Na pesquisa desenvolvida por Almeida (2015), foi possível constatar que a redução nas dosagens do adesivo uréia-formaldeído de 12% para 10,5% manteve a resistência à tração perpendicular, com resultados de 6,83 kg/cm² e 5,6 kg/cm² respectivamente, atendendo ao requisito da norma NBR 15316-2:2015 que é de 5,6 kg/cm², porém ao reduzir o teor do adesivo para 8% o valor obtido ficou abaixo (3,87 kg/cm²) do valor mínimo da norma NBR.

Almeida (2015) destaca que o incremento na dosagem de resina favoreceu a densidade do material, bem como a sua resistência à tração perpendicular devido ao fato de que o aumento da dosagem de resina favoreceu a redução dos espaços entre as fibras diminuindo os espaços vazios.

Na presente pesquisa são evidentes que os resultados médios da tração perpendicular dos traços com maior teor do adesivo PVA apresentaram quedas expressivas, todos abaixo do valor mínimo especificado pela norma, estes resultados podem estar relacionados ao tipo e ao tempo de cura (endurecimento) do adesivo. O adesivo PVA é curado principalmente através da perda de água (VICK E ROWELL, 1990), diferentemente do adesivo UF, que cura através da catalisação com o sulfato de amônio (reação química). Este fator (cura por perda de água) pode impactar nos resultados de tração perpendicular, pois o tempo de cura pode variar, ou seja, os resultados dos testes podem ser diferentes em determinados períodos para os painéis produzidos com adesivo PVA, tendo em vista que ao longo do tempo, durante a prensagem e mesmo após a prensagem, o adesivo pode seguir curando, podendo assim apresentar resultados de tração perpendicular diferentes, possivelmente superiores devido ao aumento da ligação interna entre as fibras. Os painéis produzidos nesta pesquisa foram esfriados a temperatura ambiente para estabilização das variáveis dimensionais, e em seguida foram realizados os cortes e posteriormente os ensaios, não foram realizados ensaios variando o tempo de prensagem e o tempo de estabilização dos painéis, sendo esta uma possível justificativa para os valores reduzidos de tração perpendicular dos traços onde houve o aumento da dosagem do adesivo PVA.

Conforme destacado por Belini (2010) nos painéis produzidos em escala laboratorial, os aditivos são aplicados por processo manual, utilizando pistolas de pressão, apresentando um recobrimento menos efetivo da parede externa das fibras, ocasionando perdas mecânicas representativas, entre elas a tração perpendicular, principalmente devido à deficiência na ligação interna entre as fibras.

Melo *et al.* (2009) destaca em sua pesquisa que, em relação aos ensaios de tração perpendicular, os valores obtidos oscilaram entre 0,40 a 2,09 kgf/cm², não sendo atendidos para nenhuma normativa os valores mínimos exigidos, conforme norma de referência aplicada em sua pesquisa.

5.4. Tração superficial

Na norma NBR 15316-2:2015 não é estabelecido e nem mencionado este ensaio e seus critérios mínimos, porém houveram revisões anteriores desta mesma norma que o ensaio de tração superficial era um requisito. Atualmente alguns produtores de painéis ainda adotam este ensaio, principalmente os produtores de pisos laminados, pois consideram a tração superficial um fator importante para determinação da qualidade tecnológica dos seus produtos.

Nos ensaios os painéis que apresentaram os melhores resultados foram os formulados com o traço T1, apresentando valor médio final de 11,74 kg/cm². De forma geral os demais traços apresentaram resultados próximos, sendo que o menor valor foi do traço T3 com 7,83 kg/cm², e os traços T2 e T4 com 9,74 kg/cm² e 9,40 kg/cm² respectivamente. Nota-se que, embora o traço T4 tenha apresentado o maior desvio-padrão, os resultados apresentaram uma melhora na tração superficial quando adicionado um maior volume do adesivo PVA.

Na Figura 31 são apresentados os resultados médios finais dos ensaios de tração superficial, evidenciado uma maior homogeneidade entre os resultados, quando comparados com os demais ensaios mecânicos da pesquisa.

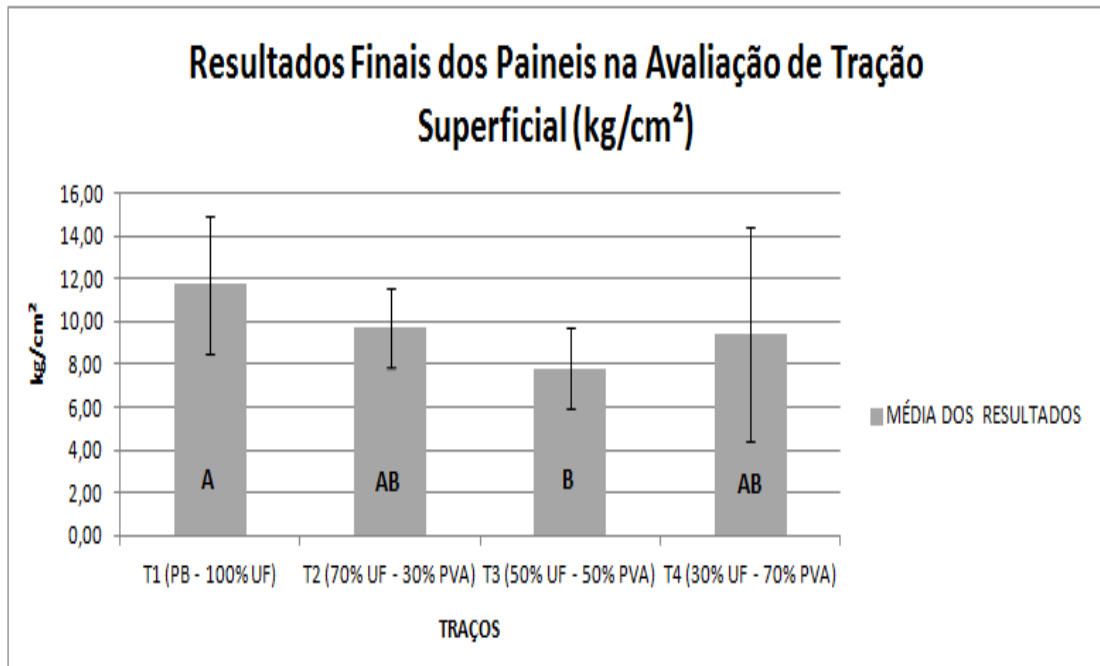


Figura 31. Resultados dos ensaios na avaliação de tração superficial.

Em relação aos resultados estatísticos Anova, foram encontradas diferenças significativas entre os traços ao nível de 5% de probabilidade (valor de $p = 0,0422$ / $F = 2,96$ / $F\text{-crit} = 2,81$), evidenciando que a formulação do adesivo age diretamente nos resultados dos ensaios de tração superficial. Quanto ao teste de Tukey os resultados mostraram que os traços estão interagidos, com a formação de somente dois grupos, sendo os traços T2 e T4 equivalentes estatisticamente e pertencentes ao mesmo grupo AB, o traço T1 pertence ao grupo A e o traço T3 pertencente ao grupo B, comprovando assim a homogeneidade dos resultados.

Belini (2010) realizou ensaio de tração perpendicular nos painéis produzidos em escala laboratorial e nos painéis produzidos em escala industrial, ou seja, em linha de produção. Os resultados encontrados nos painéis produzidos em laboratório foram inferiores, com valor médio de $2,11 \text{ N/mm}^2$, esta queda é justificada em sua pesquisa através das diferenças de temperatura durante o processo de prensagem dos colchões de fibras sendo que, em linha de produção, existe um escalonamento decrescente de temperatura da cinta metálica entre as fases de entrada dos colchões de fibras e de saída dos painéis da prensa. Já nos painéis produzidos em laboratório, a temperatura utilizada na prensa em laboratório é fixada pela média da temperatura praticada na prensa industrial.

Presume-se que as maiores temperaturas existentes no início da prensagem dos colchões de fibras na prensa industrial promove uma cura mais eficiente da resina nas faces dos painéis, aumentando a sua dureza superficial e resultando em painéis MDF de maior resistência superficial (BELINI, 2010).

Na presente pesquisa é evidente a queda dos resultados nos traços com maior teor do adesivo PVA, com exceção do traço T4 que apresentou resultado médio superior aos demais traços produzidos com este adesivo (T2 e T3), podendo ser justificado por problemas durante a encolagem das fibras. Presume-se que alguns corpos de prova deste traço acumularam uma quantidade maior de resina durante o processo de encolagem, causando maior resistência, pois o desvio padrão dos resultados obtidos no traço T4 destaca esta maior variação.

Conforme evidenciado nas justificativas dos demais ensaios mecânicos; a correlação entre a densidade dos painéis e as suas propriedades mecânicas são positivas (MALONEY, 1993). Assim como nos ensaios de tração perpendicular, deduz-se que a queda dos resultados nos ensaios de tração superficial dos traços T2, T3 e T4, quando comparados com o traço T1, está relacionada principalmente à cura e a capacidade de adesão entre as fibras pelo adesivo PVA, considerando que as condições de produção, principalmente o tempo de prensagem, e o intervalo entre a produção e a realização dos ensaios foram igualmente aplicados a todos os painéis.

5.5. Ensaio de teor de umidade

Nos ensaios de umidade todos os traços produzidos ficaram dentro do critério de aceitação da NBR 15316-2:2015, onde é determinado um percentual que varia de 4 a 11%. Nota-se que houve uma leve redução dos teores de umidade com o aumento do percentual do adesivo PVA. Os resultados dos traços foram: T1 com 8,12%, T2 apresentou 7,86%, e T3 e T4 com 7,55% e 7,35% respectivamente. Na Figura 32 são mostrados os resultados médios, onde se observa uma leve redução com o aumento do teor do adesivo PVA.

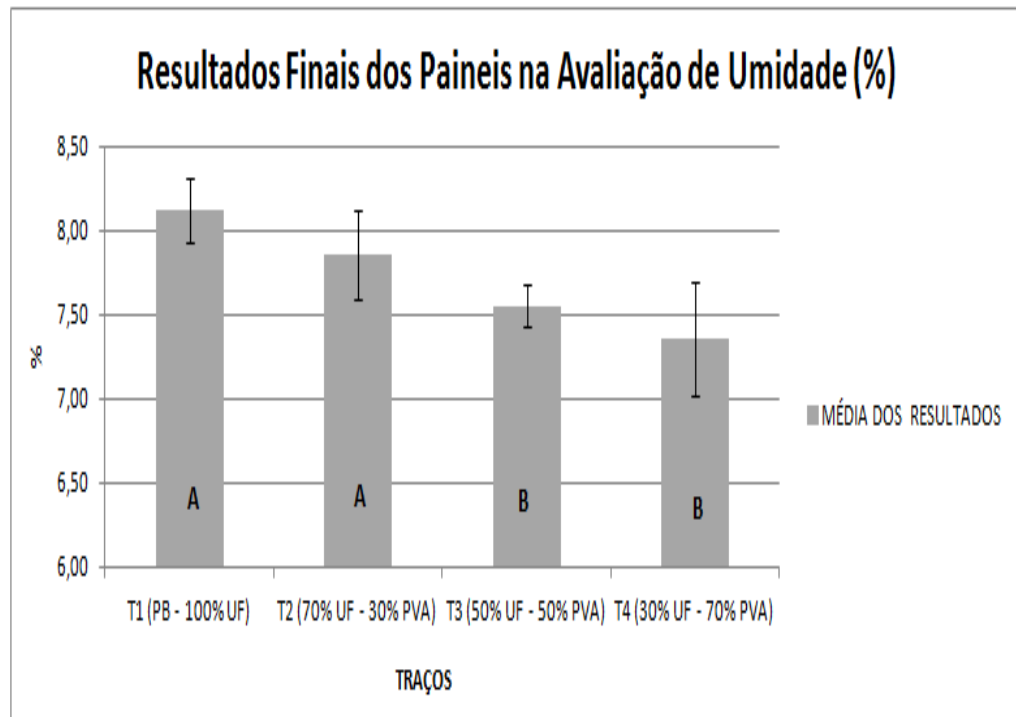


Figura 32. Resultados dos ensaios na avaliação de umidade.

Nos resultados estatísticos Anova ficou evidenciado que os traços apresentaram diferenças significativas ao nível de 1% de probabilidade (valor de $p = 0,0001$ / $F = 22,99$ / $F_{\text{crit}} = 4,26$), comprovando a predominância do percentual dos adesivos aplicados na determinação do teor de umidade dos painéis. No teste de Tukey os resultados apresentaram a formação de somente dois grupos, sendo os traços T1 e T2 considerados equivalentes, e pertencentes ao grupo A, e os traços T3 e T4 pertencentes ao grupo B e também equivalentes estatisticamente.

Na pesquisa realizada por Bueno (2014) os resultados médios encontrados de teor de umidade para os traços produzidos em laboratório apresentaram pouca variação, sendo de 5,48% para o traço T2 e 5,95% para o traço T3. Para o traço T1 o resultado obtido foi o mais elevado chegando a um valor médio de 7,38% de umidade. Quando comparada com a atual pesquisa, observa-se que os valores de ambas permaneceram dentro da faixa de aceitação determinada pela norma, porém na presente pesquisa a tendência de queda do teor de umidade ao aumentar a quantidade do adesivo PVA mostra de forma empírica, que a perda de água para a atmosfera foi maior nestes painéis.

Conforme elencado na literatura, Vikc e Rowell (1990) relata que a solidificação do adesivo PVA é originada pela perda de água por difusão da película adesiva na madeira. Devido à sua natureza polar, ocorre o umedecimento e a penetração do adesivo na madeira. Partindo deste princípio, conclui-se através dos resultados que os painéis produzidos com adesivo PVA perderam mais água durante o processo de fabricação até a realização dos ensaios de umidade, quando comparados aos painéis produzidos somente com o adesivo UF.

5.6. Ensaio de inchamento em espessura 24hs

Em relação aos ensaios de inchamento em espessura 24hs a norma NBR 15316-2:2015 estabelece como limite máximo o valor de 12%, no qual somente o traço T1 atendeu este requisito, com 6,57%, os demais apresentaram valores demasiadamente superiores ao valor máximo pré-estabelecido. O traço T2 apresentou 22,07%, o traço T3 31,99% e o traço T4 com o maior valor de 37,42%. O traço T4 também foi o que apresentou o maior desvio padrão entre as médias dos painéis. Na Figura 33 são evidenciados os resultados médios, que seguem de forma crescente com o aumento do teor do adesivo PVA.

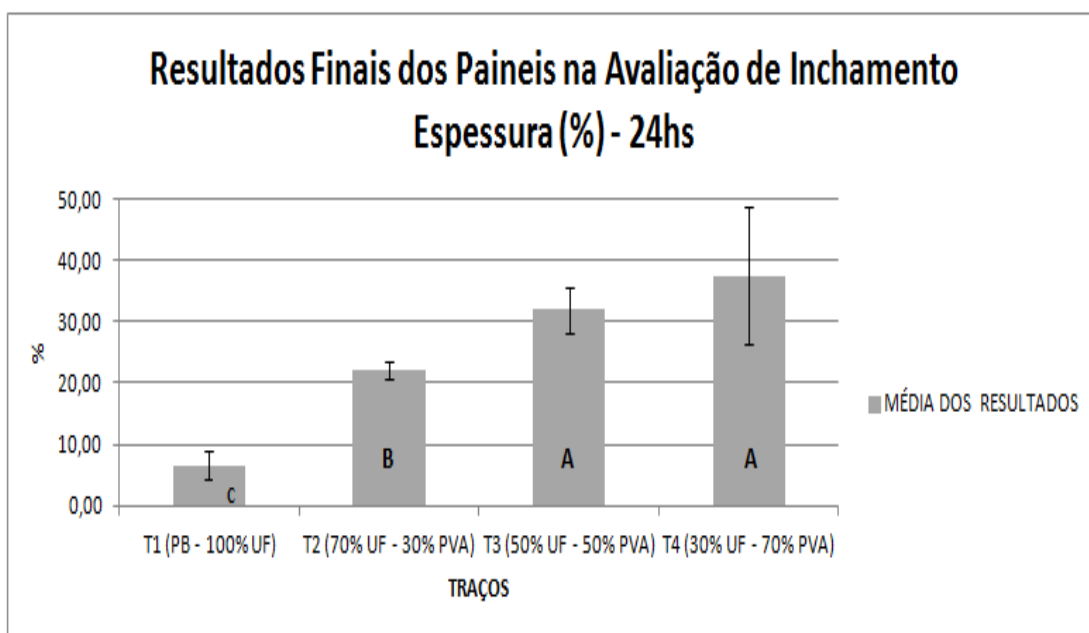


Figura 33. Resultados dos ensaios na avaliação de inchamento em espessura 24hs.

Quanto aos testes estatísticos Anova, os traços apresentaram diferenças significativas ao nível de 1% de probabilidade (valor de $p = 0,0001$ / $F = 60,73$ / $F\text{-crit} = 4,26$), mostrando que a formulação dos adesivos é um fator determinante nas características físicas dos painéis. O teste de Tukey apresentou a formação de três grupos distintos, com o traço T1 isolado no grupo C, o traço T2 também isolado no grupo B, e os traços T3 e T4 formados pelo mesmo grupo A e considerados equivalentes estatisticamente. A formação de três grupos distintos fortalece o distanciamento em demasia dos resultados dos ensaios apresentados.

Eleotério (2000) produziu painéis de MDF (*Medium Density Fiberboard*) em laboratório, com diferentes densidades (550 e 750 kg/m³) e diferentes teores de adesivo (6, 8, 10, 12 e 14%), e os resultados comprovaram que quanto maior a densidade dos painéis, menor é o índice de inchamento em espessura em 24hs para um mesmo percentual de resina aplicado.

Na pesquisa realizada por Eleotério (2000) nota-se que o resultado médio dos ensaios de inchamento em espessura 24hs para os painéis produzidos com aplicação de 12% de resina UF e com densidade média de 750 kg/m³ ficou mais elevado, com valor de 9,44 %, quando comparados com o traço T1 da presente pesquisa, no qual apresentou valor médio de 6,57%, porém ambos dentro do limite máximo da norma.

Para Kelly (1977) a redução do inchamento pode ser ocasionada pela maior densificação, causando maior retratibilidade do material, e restringindo a entrada de água no painel. Partindo desta afirmação e dos resultados apresentados por Eleotério (2000), pode-se concluir que na presente pesquisa os valores de inchamento em espessura acima do limite da norma, quando aplicado o adesivo PVA (traços T2, T3 e T4), podem estar relacionados também a queda na densidade média apresentada nestes painéis.

Quando comparado os resultados desta pesquisa com os resultados de Bueno (2014), nota-se que os painéis produzidos em laboratório de ambas as pesquisas apresentaram valores acima do limite estabelecido pela NBR 15316-2:2015 nos ensaios de inchamento em espessura 24hs. Observa-se que na pesquisa realizada por Bueno (2010) existe uma discreta redução dos valores de inchamento quando é aumentada a densidade do painel, reforçando a hipótese da forte correlação de que a maior densidade dos painéis ocasiona menores valores de inchamento em espessura.

5.7. Ensaio de absorção de água 24hs

O ensaio de absorção de água 24hs não é um requisito da norma NBR 15316-2:2015, mas os produtores de painéis adotam como forma de controle, principalmente por ele estar relacionado aos resultados dos ensaios de inchamento em espessura. Nos ensaios realizados na pesquisa nota-se que houve um aumento significativo de absorção de água acompanhado com o aumento da dosagem do adesivo PVA, evidenciando que este adesivo apresenta alta higroscopicidade, e reforçando a característica de repelência a água do adesivo a base de ureia-formaldeído. O traço T1 apresentou 28,51%, sendo este o menor valor, em seguida e em ordem crescente tivemos os traços T2, T3 e T4 com resultados de 82,56%, 98,80% e 133,33% respectivamente. Na Figura 34 são demonstrados os resultados médios dos ensaios de absorção de água.

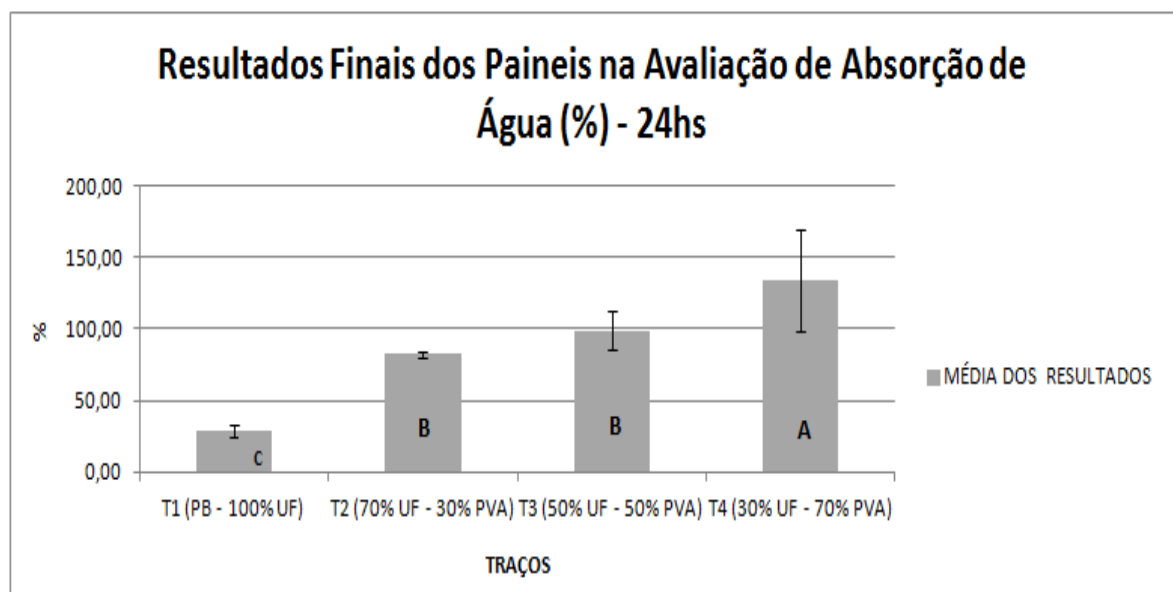


Figura 34. Resultados finais dos ensaios de avaliação de absorção de água.

Quanto aos testes estatísticos Anova, os traços apresentaram diferenças significativas ao nível de 1% de probabilidade (valor de $p = 0,0001$ / $F = 62,19$ / $F\text{-crit} = 4,26$), mostrando que a formulação dos adesivos é um fator determinante nas características físicas dos painéis. O teste de Tukey apresentou a formação de três grupos distintos, com o traço T1 isolado no grupo C, o traço T4 também isolado no grupo A, e os traços T2 e T3 formados pelo mesmo

grupo B e considerados equivalentes estatisticamente. A formação de três grupos distintos fortalece o distanciamento em demasia dos resultados dos ensaios apresentados.

Assim como nos ensaios de inchamento em espessura, a pesquisa de Eleotério (2000) mostra que para um mesmo teor de resina aplicado, os resultados dos ensaios de absorção de água apresentaram resultados distintos quando aumentada a densidade do painel. Para os painéis produzidos com 12% de resina UF, com densidades variando entre 550 e 750 kg/m³ os resultados de absorção de água ficaram entre 40,03 e 20,5% respectivamente. Estes dados novamente reforçam a prevalência da densidade média ocasionada pela maior ligação interna, na determinação dos resultados dos ensaios físicos.

A pesquisa de Bueno (2014) também trazem resultados de absorção de água 24hs superiores em demasia nos ensaios dos painéis produzidos em laboratório, quando comparados com o traço T1 (painel comercial).

Suchsland *et al.* (1986) afirma que o aumento da densidade reduz a absorção de água dos painéis. Na presente pesquisa observa-se que, assim como nos demais ensaios físicos, as perdas mecânicas ocasionadas pelo adesivo PVA, originadas principalmente pela baixa ligação interna entre as fibras, desencadearam uma série de outros resultados negativos, entre eles, e talvez o principal, a redução da densidade e consequentemente a elevação dos resultados nos ensaios de absorção de água em 24hs.

Tabela 2. Resultados consolidados dos ensaios físicos e mecânicos (Fonte: Autor).

RESULTADOS DOS ENSAIOS FÍSICOS E MECÂNICOS						
ENSAIOS		VARIÁVEIS	PAINÉIS			
			T1	T2	T3	T4
FÍSICOS	UMIDADE (%)	MÁXIMO	8,42	8,35	7,76	8,19
		MÉDIA	8,12	7,86	7,55	7,35
		MÍNIMO	7,87	7,47	7,38	6,94
		DESVIO PADRÃO	0,19	0,27	0,12	0,33
	INCHAMENTO ESPESSURA (%) - 24hs	MÁXIMO	11,74	24,53	37,82	48,78
		MÉDIA	6,57	22,07	31,99	37,42
		MÍNIMO	3,97	19,93	26,60	17,38
		DESVIO PADRÃO	2,32	1,35	3,73	11,13
	ABSORÇÃO DE ÁGUA (%) - 24hs	MÁXIMO	36,47	86,24	116,07	190,01
		MÉDIA	28,51	82,56	98,80	133,39
		MÍNIMO	23,19	79,72	71,25	83,68
		DESVIO PADRÃO	4,61	2,14	13,53	35,56
	DENSIDADE (kg/m³)	MÁXIMO	816,01	771,11	763,37	744,98
		MÉDIA	790,45	757,79	741,14	726,01
		MÍNIMO	765,36	742,27	704,98	699,77
		DESVIO PADRÃO	15,75	11,20	18,38	14,85
MECÂNICOS	MOR (kg/cm²)	MÁXIMO	421,27	408,73	339,39	309,35
		MÉDIA	363,82	360,34	269,85	232,79
		MÍNIMO	303,82	318,53	229,00	160,08
		DESVIO PADRÃO	41,48	32,04	34,98	41,80
	MOE (kg/cm²)	MÁXIMO	66.309,16	58.519,90	49.974,11	37.813,04
		MÉDIA	54.852,35	51.956,01	42.615,22	34.440,68
		MÍNIMO	44.114,77	46.152,56	38.421,08	25.780,10
		DESVIO PADRÃO	6.571,82	3.513,97	3.515,06	3.678,28
	TRAÇÃO PERPENDICULAR (kg/cm²)	MÁXIMO	7,95	5,37	3,91	3,78
		MÉDIA	5,71	3,73	2,78	2,49
		MÍNIMO	3,36	2,46	0,95	1,39
		DESVIO PADRÃO	1,80	0,99	0,89	0,77
	TRAÇÃO SUPERFICIAL (kg/cm²)	MÁXIMO	16,99	12,51	10,03	19,53
		MÉDIA	11,74	9,74	7,83	9,40
		MÍNIMO	7,35	6,69	3,54	4,00
		DESVIO PADRÃO	3,20	1,84	1,87	4,97

Observação: Os valores destacados em cinza atenderam a norma NBR ou não são requisitos.

5.8. Avaliação do teor de formol (Método Perforator)

Nas avaliações do teor de formol dos painéis foram encontrados valores discretamente reduzidos nos traços T3 e T4 quando comparados com o traço T1 com 100% de adesivo UF. Nota-se também que no traço T2 houve um aumento quando comparado com os demais ensaios, apresentando valor de 30,2 mg/100g (resultados em mg de formol / 100g do painel seco), sendo este o único traço que apresentou-se acima do limite estabelecido pela norma 15316-2:2015, que para as formulações com adesivo com classe de missão E2 o limite estende de 8 a 30 mg/100g. O traço T1 apresentou teor de emissão de formol de 27,2 mg/100g, e os traços T2 e T3 apresentaram 23,0 e 23,6 mg/100g respectivamente.

Através dos resultados foi possível verificar que o adesivo PVA, quando aplicado em um percentual acima de 50% reduz, ainda que de forma discreta, a emissão de formol.

Não foram realizados testes estatísticos para os resultados deste ensaio tendo em vista que foi emitido apenas um resultado final para cada traço, ou seja, o teste de cada traço foi obtido com a somatória (totalizando 100g aproximadamente) dos corpos de prova dos quatro painéis pertencentes a cada formulação.

Na Figura 35 são apresentadas as médias dos resultados dos ensaios de avaliação do teor de formol, obtidos através do método perforator.

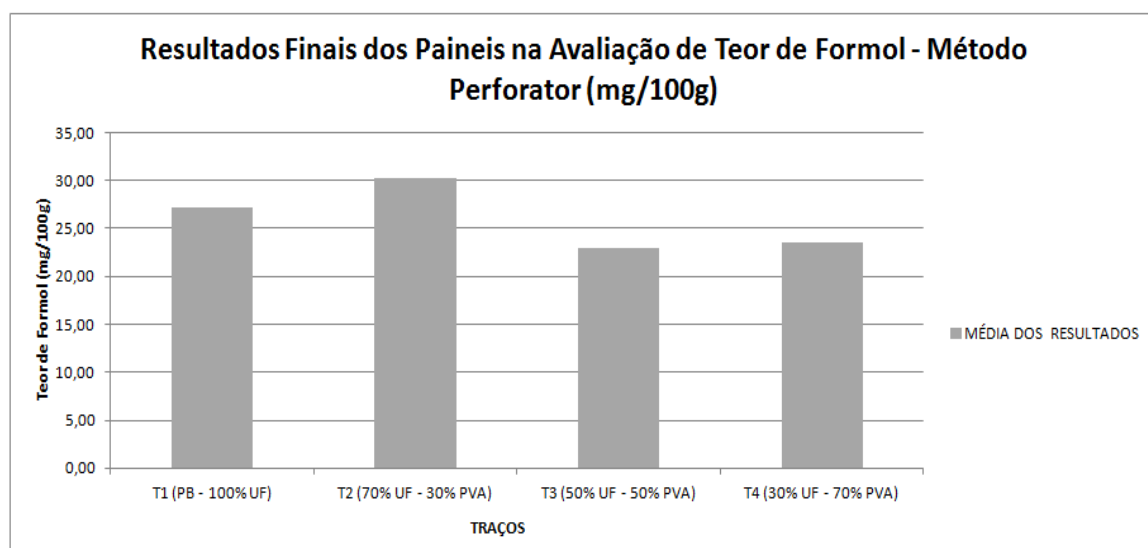


Figura 35. Resultados dos ensaios de avaliação do teor de formol.

Belini *et al.* (2015) avaliou o teor de formaldeído livre em painéis de MDF confeccionados com diferentes percentagens de fibras de eucalipto e partículas de bagaço de cana-de-açúcar. Os painéis foram elaborados com diferentes dosagens de adesivo a base de ureia-formaldeído (UF), 13%, 14% e 16%, e tiveram o teor de formaldeído determinado pelo método perforator e comparado com a literatura especializada. Foi verificado que o aumento da percentagem de bagaço de cana-de-açúcar na matriz fibrosa de eucalipto promoveu redução significativa do teor de formaldeído livre.

Observa-se que na pesquisa de Belini *et al.* (2015) para alguns tratamentos realizados (1 a 6) com maior teor de adesivo UF (16%) os valores de formol livre foram menores, e que alguns tratamentos com menor teor de adesivo UF (13%) os valores de formol livre foram maiores. A justificativa apresentada para esse efeito é o aumento da porcentagem de umidade do colchão com a utilização de maior dosagem de resina, promovendo uma maior transferência de calor da superfície para o interior do colchão de fibras, proporcionando a cura e a consolidação mais rápida da resina. Essa maior temperatura interna dos painéis pode ocasionar uma maior reação das moléculas de formol com as de ureia durante o período de cura, resultando no menor desprendimento de formol livre.

Na presente pesquisa observa-se que o traço T2 também apresentou resultados maiores de emissão de formol quando reduzido em 30% o teor de resina UF em relação ao traço T1 com 100 % de adesivo UF. Podemos afirmar que embora essa diferença de percentual tenha sido compensada com a adição do adesivo PVA, é sabido através dos resultados dos ensaios físicos, que houve uma redução na umidade dos painéis quando adicionado o adesivo PVA. Podemos afirmar que, assim como nos resultados encontrados por Belini *et al.* (2015), a redução do teor do adesivo UF, acentuada pela queda da umidade dos painéis do traço T2, resultou em um maior desprendimento de formol para o ambiente, quando comparado com o traço T1, tendo em vista que a transferência de temperatura da superfície para o interior do colchão de fibras ocorreu em menor intensidade devido a redução da umidade.

Os traços T3 e T4 apresentaram resultados satisfatórios quando comparados com os demais traços, onde foram observadas discretas reduções no teor de emissão de formol. Para estes traços, mesmo com a baixa umidade apresentada nos ensaios físicos, à queda na emissão de formol foi compensada pela redução acentuada na dosagem do adesivo UF, evidenciando que o teor de formol livre foi reduzido com o aumento da dosagem do adesivo PVA.

5.9. Avaliação do perfil de densidades

Os resultados dos ensaios de avaliação dos perfis de densidades de espessura apresentaram uma grande uniformidade entre os traços, com variações pouco representativas, revelando que, em relação a este requisito, as diferentes combinações dos teores dos adesivos não ocasionaram variações significativas. A norma NBR 15316-2:2015 não faz referência a este ensaio, porém os produtores de painéis de MDF aplicam este ensaio para dar maior confiabilidade ao produto no que diz respeito a qualidade tecnológica. Na Figura 36 é ilustrado um dos ensaios de avaliação de perfil de densidade para uma amostra do traço T3 onde é observado o aumento da densidade nas extremidades da espessura do painel.

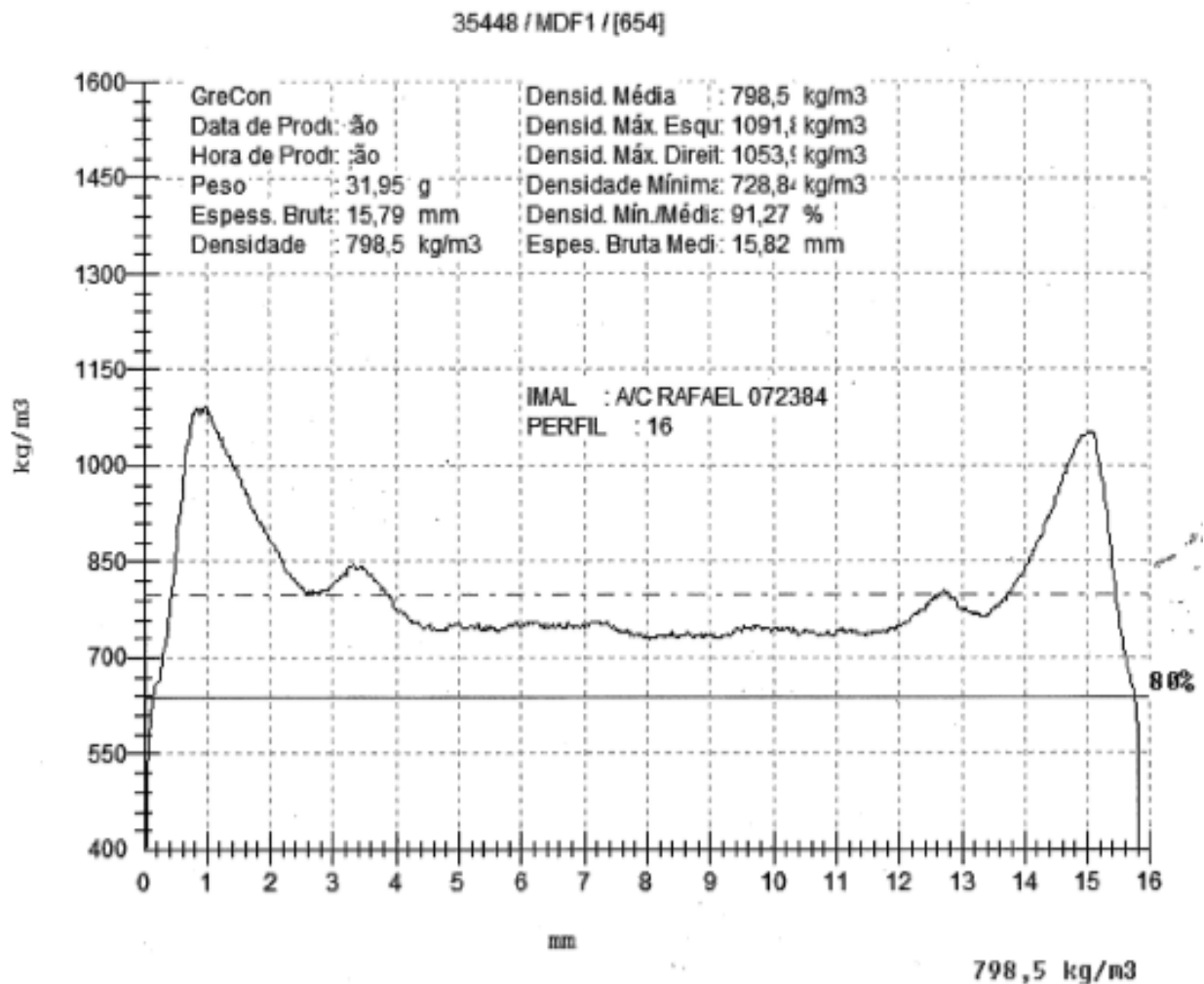


Figura 36: Resultado do ensaio de perfil de densidade para uma amostra do traço T3

Em relação aos resultados, em ambos os perfis de espessura, as densidades médias ficaram próximas a 755 kg/m³. As densidades máximas nas bordas esquerda e direita apresentaram valores próximo as 1035 kg/m³, e as densidade mínimas ou também denominadas densidades do centro do painel, apresentaram valores em torno de 630 kg/m³. Constatou-se através dos ensaios que o adesivo PVA não interferiu na determinação da variação da densidade na espessura ao longo dos painéis, podendo ser considerado um aspecto positivo para a pesquisa.

Na Figura 37 são apresentados os resultados finais médios dos painéis na avaliação dos perfis de densidade.

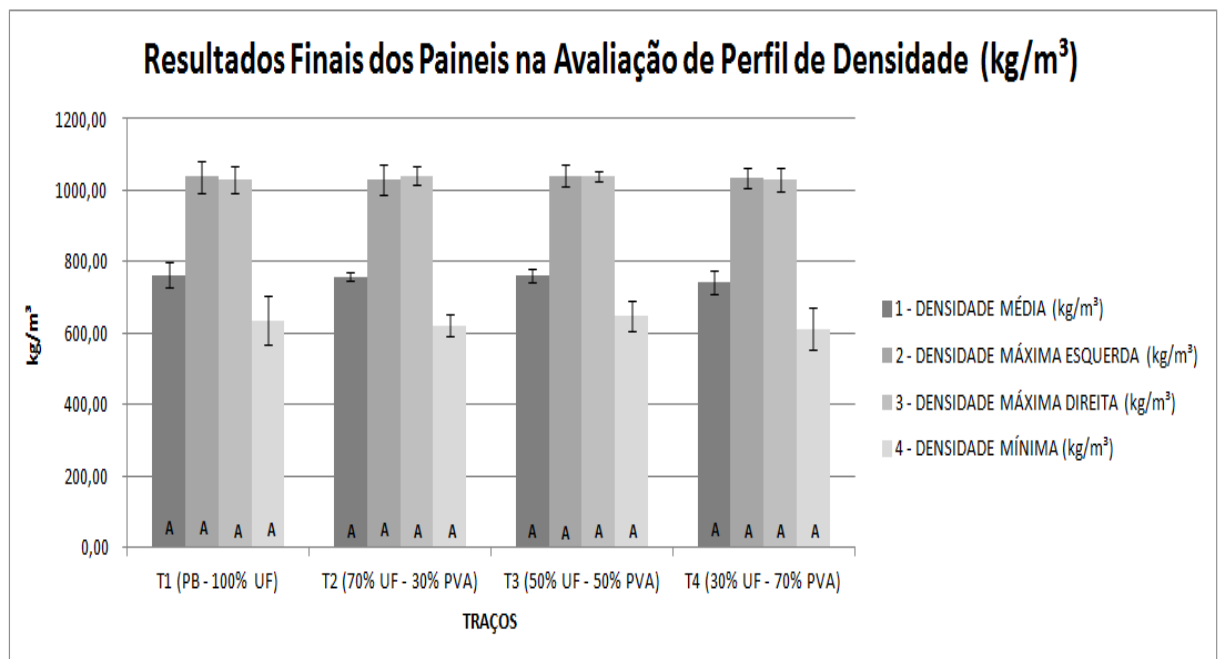


Figura 37. Resultados dos ensaios de avaliação de perfil de densidade.

Os resultados estatísticos demonstraram que para todas as densidades médias obtidas ao longo da espessura das amostras não foram encontradas diferenças significativas, ou seja, os percentuais dos adesivos dosados não interferiram nos resultados dos ensaios. Os valores encontrados nas análises de variância (Anova) demonstraram o coeficiente de variância $p \geq 0,05$ sendo: densidade média (valor de $p = 0,289$ / $F = 1,2921$ / $F\text{-crit} = 2,8167$), densidade

máxima esquerda (valor de $p = 0,8528 / F = 0,2614 / F\text{-crit} = 0,071$), densidade máxima direita (valor de $p = 0,7321 / F = 0,4306 / F\text{-crit} = 0,071$), e densidade mínima (valor de $p = 0,3427 / F = 1,142 / F\text{-crit} = 2,8167$). No teste de Tukey, comprovando a análise dos resultados, para todas as médias de densidades foi definido apenas um grupo (A), ou seja, as médias das densidades de cada traço são todas equivalentes estatisticamente, demonstrando uma grande semelhança entre os traços.

Eleotério (2000) realizou estudos de determinação (%) através da correlação de Pearson entre as camadas dos painéis, comparando com os ensaios realizados. Nas análises de correlação ficou comprovado que para os ensaios mecânicos (tração perpendicular, MOR e MOE) as correlações foram positivas, variando de 45,8% a 79,1%, mostrando que, quando se aumenta a densidade dos painéis, nas diferentes camadas, os resultados de resistência mecânica são maiores. Porém, as correlações das diferentes camadas comparadas com os ensaios físicos foram negativas (inchamento em espessura e absorção de água), variando de -49,1% a -68,7%, evidenciando que quanto maior o resultado da densidade do painel, menor será o percentual de absorção e de inchamento do painel.

Na presente pesquisa, os valores médios encontrados das densidades ao longo da espessura dos diferentes painéis, com ou sem a adição do adesivo PVA, não foram significativamente relevantes a ponto de podermos, ainda que de forma empírica, encontrarmos algum aspecto positivo ou negativo. Nota-se que, assim como no estudo de Eleotério (2000), os resultados de densidade de forma geral, são inerentes e determinantes na formação da qualidade do painel.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados da pesquisa demonstraram primeiramente que é possível produzir MDF combinando em sua formulação a adição de outros adesivos, que na pesquisa foi empregado o adesivo PVA. Um fator de grande importância demonstrado durante a produção dos painéis, e talvez o mais relevante, foi à compatibilidade, nas proporções utilizadas, do adesivo PVA com os demais aditivos e principalmente com o adesivo UF, não apresentando reações e grandes dificuldades operacionais, sejam elas de manuseio ou de aplicação deste adesivo pelos equipamentos, no processo de encolagem e prensagem.

Na pesquisa, com base nos resultados, foi possível comprovar que:

- ✓ A densidade média dos traços satisfaz os requisitos da norma NBR 15316-2:2015 para os painéis de MDF nas condições secas;
- ✓ Nos ensaios mecânicos de módulo de ruptura (MOR) e módulo de elasticidade (MOE) todos os traços atingiram os valores mínimos da NBR 15316-2:2015, sendo que foi observada queda nos resultados dos traços com o incremento do adesivo PVA;
- ✓ Quanto aos ensaios de tração perpendicular somente o traço T1 atendeu a especificação da norma, mostrando a prevalência da resina UF na determinação deste requisito;
- ✓ Os traços com resina PVA não apresentaram grandes diferenças entre si no que diz respeito à tração superficial, com leve resultado positivo quando adicionado um maior teor do adesivo PVA, conforme evidenciou o resultado do traço T4;
- ✓ Traços produzidos com o adesivo PVA apresentaram discreta redução do teor de umidade;
- ✓ Nas avaliações de inchamento e espessura e absorção de água foi comprovada a alta higroscopicidade da resina PVA, e a supremacia da resina UF no que diz respeito à repelência de água;
- ✓ Na avaliação do teor de formol foi constatada uma leve redução quando aplicado o adesivo PVA na formulação, com destaque para os traços T3 e T4;
- ✓ Quanto à avaliação de perfil de densidade ficou demonstrado que não houve diferenças significativas de variação das densidades médias na espessura dos painéis entre os diferentes traços, comprovados também pelas análises estatísticas.

7. SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS

- ✓ Desenvolver painéis com maiores teores do adesivo PVA;
- ✓ Realizar ensaios químicos exploratórios (exemplo: tempo de cura, pH, viscosidade e penetração) para melhoramento das curvas de prensagem e temperaturas aplicadas;
- ✓ Desenvolver novas formulações, variando as concentrações dos aditivos;
- ✓ Produzir painéis com aplicação de aditivos que compensem as perdas mecânicas e aumente os resultados das características físicas dos painéis produzidos com adesivo PVA.
- ✓ Fabricar painéis com adesivo PVA variando os parâmetros de prensagem (curva de prensagem, tempo de prensagem, pressão e temperatura), buscando melhoria nas características mecânicas dos painéis.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR15316: **Chapas de fibra de média densidade**: parte 2 requisitos. Rio de Janeiro, 2015. 78 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: 28 de junho 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE PAINÉIS DE MADEIRA – **ABIPA**. São Paulo, 2014. Disponível em:< <http://www.abipa.org.br/produtosMDF.php>>. Acesso em: 28 de junho 2016.

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.

ALMEIDA, W. R. e TARRENTO, G. I. **Análise quantitativa de ensaio de tração perpendicular em corpos de prova de MDF com diferentes dosagens de resina confeccionadas em prensa piloto**. 4ª Jornada Científica e Tecnológica da FATEC de Botucatu, São Paulo, 2015.

AZEVEDO, E.C.de. **Efeito da radiação nas propriedades mecânicas do adesivo de poliuretana derivado do óleo de mamona**. 2009, 134p. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais)- Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

BANCO NACIONAL DO DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL – BNDES. Setorial: **Painéis de madeira no Brasil: Panorama de mercado: painéis de madeira**. p.323-384, 2014. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/bibliotecadigital>. Acesso em 28 de junho 2016.

BELINI, U. L.; **Avaliação tecnológica de painéis MDF de madeira de Eucalyptus grandis confeccionados em laboratório e em linha de produção industrial**. CIENCIA FLORESTAL, v.20, n.3, p.493-500, 2010. Disponível em: <http://www.producao.usp.br/handle/BDPI/14752>>. Acesso em: 28 de junho 2016.

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.; FIORELLI, J.; SAVASTANO, H. JR.; LEITE, M. K.; TOMAZELLO, M. F. **Formaldeído livre em painéis de eucalipto e cana-de-açúcar**. *Ciência da Madeira* (Brazilian Journal of Wood Science). 2015. p 94-99.

BERTOLA, A. **“Eucalipto: Verdades e Mentiras”**. *Setor de Inventário Florestal – V & M Florestal*. 2012. Disponível em: <http://www.celuloseonline.com.br/dr_celulose_files/dc009.pdf>. Acesso em: 28 de junho 2016.

BERTOLA, A. **Eucalipto – 100 anos de Brasil “Falem mal, mas continuem falando de mim”**. *Setor de Inventário Florestal – V & M Florestal*. 2012. Disponível em: <http://www.celsofoelkel.com.br/artigos/outros/Eucalipto_100%20anos%20de%20Brasil_Alexandre_Bertola.pdf>. Acesso em: 28 de junho 2016.

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

CABRAL, C. P. T. **Propriedades de chapas tipo aglomerado e OSB, fabricadas com partículas e flocos de madeira de Eucalyptus grandis, Eucalyptus urophylla, Eucalyptus cloeziana e Pinus elliottii**. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 92 f. 2005.

CAMPOS, C. I. e LAHR, F. A. R. **Propriedades físico-mecânicas de MDF fabricado a partir de resíduos de espécies de reflorestamento e adesivo alternativo**. In: **Encontro Nacional sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis**. Anais. São Carlos: USP/UFSCar/UNESP, 2003.

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.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Tendencias y perspectivas del sector forestal em América latina y el Caribe**. Disponível em: <<http://www.fao.org>>. Acesso em: 28 de junho 2016.

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

GARCIA, A.; RECH, M. **Adesivos para a madeira e móveis**. *Revista da madeira*. Ed 128. 2011. Disponível em: <<http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira>>. Acesso em: 28 de junho 2016.

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

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES - IBÁ - **Relatório Anuário Estatístico da IBÁ - Ano base 2015**. Brasília 2015, 80p.

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

KATSUKAKE, A. **Uma revisão sobre a resina ureia-formaldeído (R-UF) empregada na produção de painéis de madeira reconstituída**. Trabalho de Conclusão de Curso. 2009 – Faculdade de Ciências – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Bauru, São Paulo, Bauru, 2009.

KELLY, M. W. **Critical literature review of relationship between precessing parameters and physical properties o particleboard**. Madison, WI: USDA, Forest Service, Forest Products Laboratory, 1977. 65p. (Gen. Tech. Rep. FPL-10).

LESSMANN, V. E.; **Estudo da Reação de Cura de Resinas Uréia-Formol por Espectrometria de Ressonância Magnética Nuclear**. Dissertação (Mestrado). 2008 - Faculdade de Química – Universidade Federal do Paraná. Curitiba.

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

MALONEY, T. M. The Family Of Wood Composites Materials. **Forest Products Journal**, v.46, n.2, p. 19-26, Feb. 1996.

MALONEY, T. M. **Modern particleboard & dry-process fiberboard manufacturing**. San Francisco: Miller Freeman Inc., 2003.

MARRA, A. A. **Technology of Wood bonding principles in practice**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1992.

MARINHO, Nelson Potenciano. **Características das fibras do bamabu (*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.

MELO, R. R.; STANGERLIN, D. M.; SANTANA, R. R. C.; PEDROSA, T. D. **Physical and mechanical properties of particleboard manufactured from wood, bamboo and rice husk**. Dissertação (Mestrado). Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, Universidade Federal de Mato Grosso - UFMT, CEP 78557-267, Sinop, MT, Brazil. 2009.

Melo, R.R.; Santini, E.J.; Haselein, C.R.; Stangerlin, D.M. **Propriedades físico-mecânicas de painéis aglomerados produzidos com diferentes proporções de madeira e casca de arroz**. Ciência Florestal, v.19, n.4, p.449-460, 2009. <http://dx.doi.org/10.5902/19805098899>

MENDOZA, Z .M. S. H. **Efeito da inclusão laminar nas propriedades de painéis aglomerados fabricados com resíduos da indústria laminadora**. 2010. 128 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010.

MENDES, L. M. **Pinus spp. na produção de painéis de partículas orientadas (OSB).** (Tese de Doutorado) – Universidade Federal do Paraná, Paraná, Curitiba, PR. 181 p. 2001.

OLIVEIRA, M. P.; DANTAS, W. C. V. **Evolução dos adesivos ecologicamente corretos para o setor madeireiro.** In: II SEMINÁRIO DE PRODUTOS SÓLIDOS DE MADEIRA DE EUCALIPTO – SIF. Revista da madeira, set. 2003.

PEREIRA, J. C. D.; STURION, J. A.; HIGA, A. R.; HIGA, R. C. V.; SCHIMIZU, J. Y. **Características da madeira de algumas espécies de eucalipto plantadas no Brasil:** documentos n. 38. Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2000.

PIZZI, A. **Wood Adhesive: Chemistry and Thechnology.** New York: Marcell Deckker, 1983. 364 p.

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> > Acesso em: 28 de junho 2016.

SELLERS JR., T. **Adhesive in the Wood Industry.** In: PIZZI. A.; MITTAL, K. L. Handbook of adhesive technology. New York: Marcel Dekker, 1994. p.599-614, cap. 37.

SUCHSLAND, O.; WOODSON, G. E. **Fiberboard manufacturing practices in United States.** Washington, DC:USDA, 1986. 263p. (USDA. Agricultural Handbook nº 640)

SUCHSLAND, O.; WOODSON, G. E.; McMILLIN, C. W. **Pressing of three layer, dry-formed MDF with binderless hardboard faces.** Forest Products Journal, v.36, n.1, p. 33-36, Jan. 1986.

VICK, C. B.; ROWELL. R. M. **Adhesive bonding of acetylated wood.** Adhesion and Adhesive, Madison, v. 10, p. 263-272, 1990.

VICK, C. B. **Adhesive bonding of wood materials.** In: Wood Handbook: wood as an engineering material. Agric. Handb.72. Washington, DC: United States Department of Agriculture; rev. 1987

APÊNDICE A

Planilhas dos resultados individuais dos ensaios.

TRAÇÃO PERPENDICULAR (kg/cm ²)				
PAINEL	T1 (PB - 100% UF)	T2 (70% UF - 30% PVA)	T3 (50% UF - 50% PVA)	T4 (30% UF - 70% PVA)
1	6,68	2,72	3,15	1,83
	7,23	3,35	2,69	1,93
	7,95	3,07	3,43	1,39
2	7,86	2,46	0,95	2,40
	6,99	3,03	1,71	1,80
	7,09	2,51	2,60	2,01
3	3,36	4,91	3,89	2,23
	3,77	4,53	3,01	2,63
	5,80	5,37	3,91	3,21
4	4,18	4,35	2,85	3,59
	4,19	3,97	1,93	3,78
	3,39	4,44	3,29	3,12
MÁXIMO	7,95	5,37	3,91	3,78
MÉDIA	5,71	3,73	2,78	2,49
MÍNIMO	3,36	2,46	0,95	1,39
DESVIO PADRÃO	1,80	0,99	0,89	0,77

TRAÇÃO SUPERFICIAL (kg/cm ²)				
PAINEL	T1 (PB - 100% UF)	T2 (70% UF - 30% PVA)	T3 (50% UF - 50% PVA)	T4 (30% UF - 70% PVA)
1	16,52	8,48	9,75	6,36
	16,99	10,74	8,39	7,17
	12,76	9,58	8,63	4,00
2	13,46	6,69	5,69	6,07
	13,81	11,69	7,39	6,93
	13,21	10,25	3,54	6,78
3	9,09	12,51	8,65	5,66
	7,35	9,11	9,77	9,14
	10,18	12,51	8,04	9,11
4	7,80	8,76	6,91	16,06
	9,77	7,92	10,03	15,99
	9,91	8,69	7,15	19,53
MÁXIMO	16,99	12,51	10,03	19,53
MÉDIA	11,74	9,74	7,83	9,40
MÍNIMO	7,35	6,69	3,54	4,00
DESVIO PADRÃO	3,20	1,84	1,87	4,97

UMIDADE (%)				
PAINEL	T1 (PB - 100% UF)	T2 (70% UF - 30% PVA)	T3 (50% UF - 50% PVA)	T4 (30% UF - 70% PVA)
1	8,36	8,03	7,50	7,19
	7,99	8,18	7,42	7,15
	7,89	8,35	7,53	6,94
2	8,09	7,68	7,61	7,38
	8,03	8,11	7,45	7,00
	7,87	7,92	7,38	7,20
3	8,28	7,79	7,63	7,62
	8,00	7,80	7,51	7,49
	7,95	7,56	7,54	7,51
4	8,25	7,47	7,76	7,23
	8,26	7,76	7,56	8,19
	8,42	7,60	7,76	7,36
MÁXIMO	8,42	8,35	7,76	8,19
MÉDIA	8,12	7,86	7,55	7,35
MÍNIMO	7,87	7,47	7,38	6,94
DESVIO PADRÃO	0,19	0,27	0,12	0,33

INCHAMENTO ESPESSURA (%) - 24hs				
PAINEL	T1 (PB - 100% UF)	T2 (70% UF - 30% PVA)	T3 (50% UF - 50% PVA)	T4 (30% UF - 70% PVA)
1	5,07	24,53	31,36	44,29
	3,97	22,40	31,63	40,52
	4,51	21,86	31,22	48,78
2	7,05	20,58	37,61	47,62
	4,76	19,93	37,75	44,96
	4,57	20,13	37,82	45,90
3	6,24	21,83	29,88	34,22
	11,74	21,89	30,46	43,35
	6,23	22,41	26,60	38,71
4	8,45	23,24	30,38	17,38
	6,89	22,80	28,27	21,71
	9,34	23,20	30,94	21,64
MÁXIMO	11,74	24,53	37,82	48,78
MÉDIA	6,57	22,07	31,99	37,42
MÍNIMO	3,97	19,93	26,60	17,38
DESVIO PADRÃO	2,32	1,35	3,73	11,13

ABSORÇÃO DE ÁGUA (%) - 24hs				
PAINEL	T1 (PB - 100% UF)	T2 (70% UF - 30% PVA)	T3 (50% UF - 50% PVA)	T4 (30% UF - 70% PVA)
1	24,11	86,24	103,99	125,59
	23,28	84,40	103,68	113,31
	25,96	84,90	99,26	125,89
2	29,87	82,06	114,79	132,41
	23,19	81,27	116,07	129,99
	25,30	79,76	112,12	131,11
3	31,51	79,72	97,40	83,68
	32,97	80,34	88,57	104,66
	26,39	84,66	71,25	94,10
4	36,47	82,28	101,23	190,01
	28,04	81,99	79,92	186,59
	35,07	83,13	97,39	183,34
MÁXIMO	36,47	86,24	116,07	190,01
MÉDIA	28,51	82,56	98,80	133,39
MÍNIMO	23,19	79,72	71,25	83,68
DESVIO PADRÃO	4,61	2,14	13,53	35,56

DENSIDADE (kg/m³)				
PAINEL	T1 (PB - 100% UF)	T2 (70% UF - 30% PVA)	T3 (50% UF - 50% PVA)	T4 (30% UF - 70% PVA)
1	815,76	767,14	736,60	740,43
	789,61	771,11	721,96	732,81
	816,01	770,85	734,53	744,98
2	802,15	743,69	726,87	699,77
	777,56	751,68	704,98	700,24
	792,77	758,19	727,73	713,27
3	797,72	769,27	752,70	732,98
	787,70	743,31	751,28	726,30
	775,59	764,20	761,43	740,98
4	765,36	762,14	756,13	724,56
	789,46	742,27	763,37	730,70
	775,78	749,66	756,17	725,07
MÁXIMO	816,01	771,11	763,37	744,98
MÉDIA	790,45	757,79	741,14	726,01
MÍNIMO	765,36	742,27	704,98	699,77
DESVIO PADRÃO	15,75	11,20	18,38	14,85

AVALIAÇÃO DO PERFIL DE DENSIDADE DOS PAINÉIS					
TRAÇOS	DENSIDADES AO LONGO DA AMOSTRA (kg/m ³)				PERCENTUAL MÉDIO DE VARIAÇÃO (%)
	DENSIDADE MÉDIA	DENSIDADE MÁXIMA ESQUERDA	DENSIDADE MÁXIMA DIREITA	DENSIDADE MÍNIMA	DENSIDADE MÍNIMA / DENSIDADE MÉDIA
T1 (PB - 100% UF)	767,66	1053,66	1034,10	645,06	84,03
	788,94	1076,00	1057,00	671,05	85,06
	778,11	1054,80	1044,00	663,65	85,29
	749,41	1003,50	1054,50	592,57	79,07
	734,31	1004,60	978,87	581,31	79,16
	748,77	1024,40	1031,70	528,46	70,58
	722,94	1005,00	1005,00	597,04	82,59
	712,81	962,74	968,67	591,20	82,94
	720,13	1018,00	1007,20	568,44	78,94
	815,17	1115,50	1089,50	730,93	89,67
	789,22	1037,40	1016,70	714,35	90,51
	819,80	1101,50	1080,40	744,30	90,79
MÁXIMO	819,80	1115,50	1089,50	744,30	90,79
MÍNIMO	712,81	962,74	968,67	528,46	70,58
MÉDIA	762,27	1038,09	1030,64	635,70	83,22
DESVIO PADRÃO	36,59	44,37	37,32	69,73	5,82

AVALIAÇÃO DO PERFIL DE DENSIDADE DOS PAINÉIS					
TRAÇOS	DENSIDADES AO LONGO DA AMOSTRA (kg/m ³)				PERCENTUAL MÉDIO DE VARIAÇÃO (%)
	DENSIDADE MÉDIA	DENSIDADE MÁXIMA ESQUERDA	DENSIDADE MÁXIMA DIREITA	DENSIDADE MÍNIMA	DENSIDADE MÍNIMA / DENSIDADE MÉDIA
T2 (70% UF - 30% PVA)	743,47	984,35	1028,60	608,25	81,81
	758,21	1008,10	1037,00	637,70	84,11
	753,74	994,53	1022,40	622,52	82,59
	764,94	1006,30	1043,70	653,49	85,43
	754,97	1006,30	1036,30	641,65	84,99
	758,56	1022,70	1041,50	624,79	82,37
	741,87	956,36	982,10	559,21	75,38
	743,42	1054,60	1020,80	604,42	81,30
	763,54	1096,10	1072,80	582,08	76,23
	768,66	1071,30	1057,70	620,18	80,68
	777,19	1075,30	1071,60	665,60	85,64
	770,97	1058,30	1066,80	633,58	82,18
MÁXIMO	777,19	1096,10	1072,80	665,60	85,64
MÍNIMO	741,87	956,36	982,10	559,21	75,38
MÉDIA	758,30	1027,85	1040,11	621,12	81,89
DESVIO PADRÃO	11,44	42,53	25,77	29,69	3,28

AVALIAÇÃO DO PERFIL DE DENSIDADE DOS PAINÉIS					
TRAÇOS	DENSIDADES AO LONGO DA AMOSTRA (kg/m³)				PERCENTUAL MÉDIO DE VARIAÇÃO (%)
	DENSIDADE MÉDIA	DENSIDADE MÁXIMA ESQUERDA	DENSIDADE MÁXIMA DIREITA	DENSIDADE MÍNIMA	DENSIDADE MÍNIMA / DENSIDADE MÉDIA
T3 (50% UF - 50% PVA)	756,11	1045,30	1027,70	646,83	85,55
	771,30	1041,80	1054,30	621,28	80,55
	767,74	1027,60	1054,00	657,84	85,69
	758,27	980,11	1049,50	648,65	85,54
	746,89	999,21	1036,60	643,98	86,22
	749,28	1012,50	1036,90	649,68	86,71
	798,50	1091,80	1053,90	728,84	91,28
	788,76	1047,80	1010,40	697,97	88,49
	775,66	1041,80	1018,20	693,10	89,36
	738,79	1054,20	1042,80	599,25	81,11
	729,33	1058,00	1025,00	581,51	79,73
	745,08	1088,00	1057,20	610,97	82,00
MÁXIMO	798,50	1091,80	1057,20	728,84	91,28
MÍNIMO	729,33	980,11	1010,40	581,51	79,73
MÉDIA	760,48	1040,68	1038,88	648,33	85,19
DESVIO PADRÃO	20,58	32,70	15,73	42,71	3,66

AVALIAÇÃO DO PERFIL DE DENSIDADE DOS PAINÉIS					
TRAÇOS	DENSIDADES AO LONGO DA AMOSTRA (kg/m³)				PERCENTUAL MÉDIO DE VARIAÇÃO (%)
	DENSIDADE MÉDIA	DENSIDADE MÁXIMA ESQUERDA	DENSIDADE MÁXIMA DIREITA	DENSIDADE MÍNIMA	DENSIDADE MÍNIMA / DENSIDADE MÉDIA
T4 (30% UF - 70% PVA)	732,15	1006,00	1040,00	607,54	82,98
	729,01	1017,01	980,46	618,83	84,89
	748,72	1028,00	1051,70	634,20	84,70
	709,01	1066,00	1025,00	513,78	72,46
	704,91	1051,30	1011,60	506,13	71,80
	702,28	996,32	1028,40	558,78	79,57
	792,40	1081,40	1062,40	645,80	81,50
	775,91	1029,00	1056,20	662,68	85,41
	804,72	1081,80	1097,70	691,79	85,97
	739,80	1028,00	1001,00	645,00	87,19
	742,70	1033,00	1001,00	632,70	85,19
	730,70	1015,00	995,70	625,10	85,55
MÁXIMO	804,72	1081,80	1097,70	691,79	87,19
MÍNIMO	702,28	996,32	980,46	506,13	71,80
MÉDIA	742,69	1036,07	1029,26	611,86	82,27
DESVIO PADRÃO	33,17	28,21	33,79	57,22	5,17

MÓDULO DE RUPTURA (MOR) MÓDULO DE ELASTICIDADE (MOE) NA FLEXÃO ESTÁTICA - (kg/cm ²)								
PAINEL	T1 (PB - 100% UF)		T2 (70% UF - 30% PVA)		T3 (50% UF - 50% PVA)		T4 (30% UF - 70% PVA)	
	MOR (kg/cm ²)	MOE (kg/cm ²)	MOR (kg/cm ²)	MOE (kg/cm ²)	MOR (kg/cm ²)	MOE (kg/cm ²)	MOR (kg/cm ²)	MOE (kg/cm ²)
1	303,82	44114,77	322,07	47617,93	237,47	41866,85	160,08	25780,10
	345,28	53902,07	353,90	50839,28	311,09	45761,54	194,72	32444,54
	409,95	66309,16	367,30	51144,15	339,39	49974,11	236,06	36317,07
2	341,46	53150,39	385,82	53365,76	229,73	38421,08	222,19	32534,86
	393,78	56534,05	408,73	58519,90	253,60	39203,81	244,57	37450,64
	411,68	62983,10	353,67	54037,57	248,73	41746,81	254,80	36968,75
3	333,98	49768,72	344,06	51502,82	229,00	39691,20	249,36	37813,04
	394,09	56944,92	396,19	55694,46	259,62	42159,66	214,95	32897,12
	421,27	61878,99	403,64	54923,71	287,25	45238,22	234,85	35847,35
4	304,18	46692,65	318,53	46152,56	259,27	38594,14	309,35	37525,56
	341,32	51843,70	323,76	49680,64	276,92	43058,02	287,53	37117,67
	365,06	54105,69	346,42	49993,34	306,10	45667,17	185,06	30591,49
MÁXIMO	421,27	66309,16	408,73	58519,90	339,39	49974,11	309,35	37813,04
MÉDIA	363,82	54852,35	360,34	51956,01	269,85	42615,22	232,79	34440,68
MÍNIMO	303,82	44114,77	318,53	46152,56	229,00	38421,08	160,08	25780,10
DESVIO PADRÃO	41,48	6571,82	32,04	3513,97	34,98	3515,06	41,80	3678,28

APÊNDICE B

Relatórios dos resultados dos ensaios.

Duratex - Botucatu PS4			Código:	IB072374
Produção:	150LAB	Teste:	0	
Data de teste:	23/11/2015 11:29:54	Linha:	PS4	
Data de produção:	23/11/2015 10:59:00	Lote:		
Usuário:	Rafael	Turno:		
Cliente:	DURATEX	Classe:		
Revisão:	Não			
Comentário:	PB1 - Prova em Branco 1			

Flexão									
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Força Kg	Flexão Kg/cm²	Elasticidade Kg/cm²
1		49,68	16,14				72,90	304,18	46692,65
2		49,37	16,23				82,20	341,32	51843,70
3		49,51	16,27				88,60	365,06	54105,69
Média		49,52	16,21				81,23	336,85	50880,68
Des. Pad.		0,16	0,07				7,89	30,68	3799,19
Variação		0,02	0,00				62,32	941,41	14433844,05
Min.		49,37	16,14				72,90	304,18	46692,65
Máx.		49,68	16,27				88,60	365,06	54105,69
Min. Limit			15,40		700	11,52		210,0	22500,0
Max. Limit			16,30		760	12,16			
Amostras		3,00	3,00				3,00	3,00	3,00

Tração								
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Força Kg	Tração Kg/cm²
1	49,74	49,46	16,31	30,71	765,36	12,48	102,90	4,18
2	49,73	49,45	16,21	31,47	789,46	12,80	103,00	4,19
3	49,75	49,43	16,37	31,23	775,78	12,70	83,40	3,39
Média	49,74	49,45	16,30	31,14	776,87	12,66	96,43	3,92
Des. Pad.	0,01	0,02	0,08	0,39	12,09	0,16	11,29	0,46
Variação	0,00	0,00	0,01	0,15	146,06	0,03	127,40	0,21
Min.	49,73	49,43	16,21	30,71	765,36	12,48	83,40	3,39
Máx.	49,75	49,46	16,37	31,47	789,46	12,80	103,00	4,19
Min. Limit			15,40		700	11,52		5,6
Max. Limit			16,30		760	12,16		
Amostras	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00

Tração superficial								
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Força Kg	Tração Superficial Kg/cm²
1							78,00	7,80
2							97,70	9,77
3							99,10	9,91
Média							91,60	9,16
Des. Pad.							11,80	1,18
Variação							139,21	1,39
Min.							78,00	7,80
Máx.							99,10	9,91
Min. Limit			15,40		700	11,52		12,2
Max. Limit			16,30		760	12,16		
Amostras							3,00	3,00

Humidade								
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Peso seco g	Humidade %
1				29,14	777,07	11,66	26,92	8,25
2				31,44	838,40	12,58	29,04	8,26
3				31,04	827,73	12,42	28,63	8,42
4								
Média				30,54	814,40	12,22	28,20	8,31
Des. Pad.				1,23	32,77	0,49	1,12	0,09
Variação				1,51	1073,78	0,24	1,26	0,01
Min.				29,14	777,07	11,66	26,92	8,25
Máx.				31,44	838,40	12,58	29,04	8,42
Min. Limit			15,40		700	11,52		4,00
Max. Limit			16,30		760	12,16		11,00
Amostras				3,00	3,00	3,00	3,00	3,00

Inchamento											
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Espessura 2 h mm	Espessura 24 h mm	Inchamento 2 h %	Inchamento 24 h %	
1			16,34	30,44	745,17	12,18		17,72			8,45
2			16,25	31,13	766,28	12,45		17,37			6,89
3			16,28	30,20	742,01	12,08		17,80			9,34
Média			16,29	30,59	751,15	12,24		17,63			8,22
Des. Pad.			0,05	0,48	13,19	0,19		0,23			1,24
Variação			0,00	0,23	174,05	0,04		0,05			1,53
Min.			16,25	30,20	742,01	12,08		17,37			6,89
Máx.			16,34	31,13	766,28	12,45		17,80			9,34
Min. Limit			15,40		700	11,52					
Max. Limit			16,30		760	12,16					
Amostras			3,00	3,00	3,00	3,00		3,00			12,00
											3,00

Absorção										
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Peso 2 h g	Peso 24 h g	Absorção 2 h %	Absorção 24 h %
1			16,34	30,44	745,17	12,18		41,54		36,47
2			16,25	31,13	766,28	12,45		39,86		28,04
3			16,28	30,20	742,01	12,08		40,79		35,07
Média			16,29	30,59	751,15	12,24		40,73		33,19
Des. Pad.			0,05	0,48	13,19	0,19		0,84		4,51
Variação			0,00	0,23	174,05	0,04		0,71		20,37
Min.			16,25	30,20	742,01	12,08		39,86		28,04
Máx.			16,34	31,13	766,28	12,45		41,54		36,47
Min. Limit			15,40		700	11,52				
Max. Limit			16,30		760	12,16				
Amostras			3,00	3,00	3,00	3,00		3,00		3,00

Duratex - Botucatu PS4			Código:	IB072375
Produção:	150LAB	Teste:	0	
Data de teste:	23/11/2015 11:02:04	Linha:	PS4	
Data de produção:	23/11/2015 11:00:00	Lote:		
Usuário:	Rafael	Turno:		
Cliente:	DURATEX	Classe:		
Revisão:	Não			
Comentário:	PB2 - Prova em Branco 2			

Flexão									
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Força Kg	Flexão Kg/cm²	Elasticidade Kg/cm²
1		49,71	16,05				79,20	333,98	49768,72
2		49,93	15,95				92,70	394,09	56944,92
3		50,02	15,92				98,90	421,27	61878,99
Média		49,89	15,97				90,27	383,11	56197,54
Des. Pad.		0,16	0,07				10,07	44,67	6089,63
Variação		0,03	0,00				101,46	1995,01	37083601,22
Mín.		49,71	15,92				79,20	333,98	49768,72
Máx.		50,02	16,05				98,90	421,27	61878,99
Mín. Limit			15,40		700	11,52		210,0	22500,0
Max. Limit			16,30		760	12,16			
Amostras		3,00	3,00				3,00	3,00	3,00

Tração									
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Força Kg	Tração Kg/cm²	
1	50,33	50,08	15,94	32,05	797,72	12,72	84,60	3,36	
2	50,34	50,09	15,94	31,66	787,70	12,56	95,00	3,77	
3	50,15	50,09	16,05	31,27	775,59	12,45	145,80	5,80	
4	50,33	50,08	15,94	32,05	797,72	12,72			
Média	50,29	50,09	15,97	31,76	789,69	12,61	108,47	4,31	
Des. Pad.	0,09	0,01	0,05	0,37	10,51	0,13	32,75	1,31	
Variação	0,01	0,00	0,00	0,14	110,57	0,02	1072,37	1,72	
Mín.	50,15	50,08	15,94	31,27	775,59	12,45	84,60	3,36	
Máx.	50,34	50,09	16,05	32,05	797,72	12,72	145,80	5,80	
Mín. Limit			15,40		700	11,52		5,6	
Max. Limit			16,30		760	12,16			
Amostras	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	3,00	3,00	

Tração superficial									
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Força Kg	Tração Superficial Kg/cm²	
1							90,90	9,09	
2							73,50	7,35	
3							101,80	10,18	
Média							88,73	8,87	
Des. Pad.							14,27	1,43	
Variação							203,74	2,04	
Mín.							73,50	7,35	
Máx.							101,80	10,18	
Mín. Limit			15,40		700	11,52		12,2	
Max. Limit			16,30		760	12,16			
Amostras							3,00	3,00	

Humidade									
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Peso seco g	Humidade %	
1				29,81	794,93	11,92	27,53	8,28	
2				31,86	849,60	12,74	29,50	8,00	
3				31,49	839,73	12,60	29,17	7,95	
Média				31,05	828,09	12,42	28,73	8,08	
Des. Pad.				1,09	29,13	0,44	1,06	0,18	
Variação				1,19	848,81	0,19	1,11	0,03	
Mín.				29,81	794,93	11,92	27,53	7,95	
Máx.				31,86	849,60	12,74	29,50	8,28	
Mín. Limit			15,40		700	11,52		4,00	
Max. Limit			16,30		760	12,16		11,00	
Amostras				3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	

Inchamento											
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Espessura 2 h mm	Espessura 24 h mm	Inchamento 2 h %	Inchamento 24 h %	
1			15,86	31,04	782,85	12,42		16,85		6,24	
2			16,01	31,48	786,51	12,59		17,89		11,74	
3			15,72	31,11	791,60	12,44		16,70		6,23	
Média			15,86	31,21	786,99	12,48		17,15		8,07	
Des. Pad.			0,15	0,24	4,40	0,09		0,65		3,18	
Variação			0,02	0,06	19,33	0,01		0,42		10,10	
Mín.			15,72	31,04	782,85	12,42		16,70		6,23	
Máx.			16,01	31,48	791,60	12,59		17,89		11,74	
Mín. Limit			15,40		700	11,52					
Max. Limit			16,30		760	12,16				12,00	
Amostras			3,00	3,00	3,00	3,00		3,00		3,00	

Absorção											
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Peso 2 h g	Peso 24 h g	Absorção 2 h %	Absorção 24 h %	
1			15,86	31,04	782,85	12,42		40,82		31,51	
2			16,01	31,48	786,51	12,59		41,86		32,97	
3			15,72	31,11	791,60	12,44		39,32		26,39	
Média			15,86	31,21	786,99	12,48		40,67		30,29	
Des. Pad.			0,15	0,24	4,40	0,09		1,28		3,46	
Variação			0,02	0,06	19,33	0,01		1,63		11,95	
Mín.			15,72	31,04	782,85	12,42		39,32		26,39	
Máx.			16,01	31,48	791,60	12,59		41,86		32,97	
Mín. Limit			15,40		700	11,52					
Max. Limit			16,30		760	12,16					
Amostras			3,00	3,00	3,00	3,00		3,00		3,00	

Duratex - Botucatu PS4

Código:

IB072376

Produção:

150LAB

Teste:

0

Data de teste:

23/11/2015 11:29:15

Linha:

PS4

Data de produção:

23/11/2015 11:00:00

Lote:

Usuário:

Rafael

Turno:

Cliente

DURATEX

Classe:

Revisão:

Não

Comentário:

PB3 - Prova em Branco 3

Flexão									
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Força Kg	Flexão Kg/cm²	Elasticidade Kg/cm²
1		50,25	16,23				83,70	341,46	53150,39
2		50,01	16,25				96,30	393,78	56534,05
3		49,98	15,98				97,30	411,68	62983,10
Média		50,08	16,15				92,43	382,31	57555,85
Des. Pad.		0,15	0,15				7,58	36,49	4995,36
Variação		0,02	0,02				57,45	1331,19	24953606,48
Mín.		49,98	15,98				83,70	341,46	53150,39
Máx.		50,25	16,25				97,30	411,68	62983,10
Mín. Limit			15,40		700	11,52		210,0	22500,0
Max. Limit			16,30		760	12,16			
Amostras		3,00	3,00				3,00	3,00	3,00

Tração									
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Força Kg	Tração Kg/cm²	
1	50,43	50,08	15,86	32,13	802,15	12,72	198,50	7,86	
2	50,43	50,07	16,10	31,61	777,56	12,52	176,60	6,99	
3	50,41	50,03	15,84	31,67	792,77	12,56	178,80	7,09	
Média	50,42	50,06	15,93	31,80	790,82	12,60	184,63	7,31	
Des. Pad.	0,01	0,03	0,14	0,28	12,41	0,11	12,06	0,47	
Variação	0,00	0,00	0,02	0,08	154,01	0,01	145,42	0,23	
Mín.	50,41	50,03	15,84	31,61	777,56	12,52	176,60	6,99	
Máx.	50,43	50,08	16,10	32,13	802,15	12,72	198,50	7,86	
Mín. Limit			15,40		700	11,52		5,6	
Max. Limit			16,30		760	12,16			
Amostras	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	

Tração superficial									
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Força Kg	Tração Superficial Kg/cm²	
1							134,60	13,46	
2							138,10	13,81	
3							132,10	13,21	
Média							134,93	13,49	
Des. Pad.							3,01	0,30	
Variação							9,08	0,09	
Mín.							132,10	13,21	
Máx.							138,10	13,81	
Mín. Limit			15,40		700	11,52		12,2	
Max. Limit			16,30		760	12,16			
Amostras							3,00	3,00	

Humidade									
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Peso seco g	Humidade %	
1				30,47	812,53	12,19	28,19	8,09	
2				32,54	867,73	13,02	30,12	8,03	
3				31,25	833,33	12,50	28,97	7,87	
Média				31,42	837,87	12,57	29,09	8,00	
Des. Pad.				1,05	27,88	0,42	0,97	0,11	
Variação				1,09	777,17	0,17	0,94	0,01	
Mín.				30,47	812,53	12,19	28,19	7,87	
Máx.				32,54	867,73	13,02	30,12	8,09	
Mín. Limit			15,40		700	11,52		4,00	
Max. Limit			16,30		760	12,16		11,00	
Amostras				3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	

Inchamento											
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Espessura 2 h mm	Espessura 24 h mm	Inchamento 2 h %	Inchamento 24 h %	
1			15,75	31,87	809,40	12,75		16,86		7,05	
2			15,98	32,25	807,26	12,90		16,74		4,76	
3			15,98	31,70	793,49	12,68		16,71		4,57	
Média			15,90	31,94	803,38	12,78		16,77		5,46	
Des. Pad.			0,13	0,28	8,63	0,11		0,08		1,38	
Variação			0,02	0,08	74,51	0,01		0,01		1,91	
Mín.			15,75	31,70	793,49	12,68		16,71		4,57	
Máx.			15,98	32,25	809,40	12,90		16,86		7,05	
Mín. Limit			15,40		700	11,52					
Max. Limit			16,30		760	12,16				12,00	
Amostras			3,00	3,00	3,00	3,00		3,00		3,00	

Absorção											
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Peso 2 h g	Peso 24 h g	Absorção 2 h %	Absorção 24 h %	
1			15,75	31,87	809,40	12,75		41,39		29,87	
2			15,98	32,25	807,26	12,90		39,73		23,19	
3			15,98	31,70	793,49	12,68		39,72		25,30	
Média			15,90	31,94	803,38	12,78		40,28		26,12	
Des. Pad.			0,13	0,28	8,63	0,11		0,96		3,41	
Variação			0,02	0,08	74,51	0,01		0,92		11,65	
Mín.			15,75	31,70	793,49	12,68		39,72		23,19	
Máx.			15,98	32,25	809,40	12,90		41,39		29,87	
Mín. Limit			15,40		700	11,52					
Max. Limit			16,30		760	12,16					
Amostras			3,00	3,00	3,00	3,00		3,00		3,00	

Duralex - Botucatu PS4

150LAB

Teste:

Produção:

Data de teste:

Data de produção:

Usuário:

Cliente

Revisão:

23/11/2015 11:02:00

23/11/2015 11:01:00

Rafael

DURATEX

Não

Código:

0

PS4

Comentário:

PB4 - Prova em Branco 4

Flexão									
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Força Kg	Flexão Kg/cm²	Elasticidade Kg/cm²
1		50,12	15,99				72,10	303,82	44114,77
2		49,86	15,91				80,70	345,28	53902,07
3		49,79	15,92				95,80	409,95	66309,16
Média		49,92	15,94				82,87	353,02	54775,33
Des. Pad.		0,17	0,04				12,00	53,48	11122,94
Variação		0,03	0,00				143,94	2860,61	123719701,39
Mín.		49,79	15,91				72,10	303,82	44114,77
Máx.		50,12	15,99				95,80	409,95	66309,16
Mín. Limit			15,40		700	11,52		210,0	22500,0
Max. Limit			16,30		760	12,16			
Amostras		3,00	3,00				3,00	3,00	3,00

Tração									
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Força Kg	Tração	
1	50,18	50,00	15,83	32,40	815,76	12,91	167,70	6,68	
2	50,23	49,84	15,92	31,47	789,61	12,57	180,90	7,23	
3	50,14	49,94	15,94	32,57	816,01	13,01	199,00	7,95	
Média	50,18	49,93	15,90	32,15	807,13	12,83	162,53	7,29	
Des. Pad.	0,05	0,08	0,06	0,59	15,17	0,23	15,71	0,63	
Variação	0,00	0,01	0,00	0,35	230,18	0,05	246,92	0,40	
Mín.	50,14	49,84	15,83	31,47	789,61	12,57	167,70	6,68	
Máx.	50,23	50,00	15,94	32,57	816,01	13,01	199,00	7,95	
Mín. Limit			15,40		700	11,52		5,6	
Max. Limit			16,30		760	12,16			
Amostras	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	

Tração superficial								
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Força Kg	Tração Superficial Kg/cm²
1							165,20	16,52
2							169,90	16,99
3							127,60	12,76
Média							154,23	15,42
Des. Pad.							23,18	2,32
Variação							537,52	5,38
Mín.							127,60	12,76
Máx.							169,90	16,99
Mín. Limit			15,40		700	11,52		12,2
Max. Limit			16,30		760	12,16		
Amostras							3,00	3,00

Humidade								
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Peso seco g	Humidade %
1				29,93	798,13	11,97	27,62	8,36
2				31,78	847,47	12,71	29,43	7,99
3				31,32	835,20	12,53	29,03	7,89
Média				31,01	826,93	12,40	28,69	8,08
Des. Pad.				0,96	25,68	0,39	0,95	0,25
Variação				0,93	659,70	0,15	0,90	0,06
Mín.				29,93	798,13	11,97	27,62	7,89
Máx.				31,78	847,47	12,71	29,43	8,36
Mín. Limit			15,40		700	11,52		4,00
Max. Limit			16,30		760	12,16		11,00
Amostras				3,00	3,00	3,00	3,00	3,00

Inchamento										
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Espessura 2 h mm	Espessura 24 h mm	Inchamento 2 h %	Inchamento 24 h %
1			15,58	31,44	807,19	12,58		16,37		5,07
2			15,87	32,30	814,11	12,92		16,50		3,97
3			15,96	31,93	800,25	12,77		16,68		4,51
Média			15,80	31,89	807,18	12,76		16,52		4,52
Des. Pad.			0,20	0,43	6,93	0,17		0,16		0,55
Variação			0,04	0,19	48,05	0,03		0,02		0,30
Mín.			15,58	31,44	800,25	12,58		16,37		3,97
Máx.			15,96	32,30	814,11	12,92		16,68		5,07
Mín. Limit			15,40		700	11,52				
Max. Limit			16,30		760	12,16				12,00
Amostras			3,00	3,00	3,00	3,00		3,00		3,00

Absorção										
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Peso 2 h g	Peso 24 h g	Absorção 2 h %	Absorção 24 h %
1			15,58	31,44	807,19	12,58		39,02		24,11
2			15,87	32,30	814,11	12,92		39,82		23,28
3			15,96	31,93	800,25	12,77		40,22		25,96
Média			15,80	31,89	807,18	12,76		39,69		24,45
Des. Pad.			0,20	0,43	6,93	0,17		0,61		1,37
Variação			0,04	0,19	48,05	0,03		0,37		1,89
Mín.			15,58	31,44	800,25	12,58		39,02		23,28
Máx.			15,96	32,30	814,11	12,92		40,22		25,96
Mín. Limit			15,40		700	11,52				
Max. Limit			16,30		760	12,16				
Amostras			3,00	3,00	3,00	3,00		3,00		3,00

Duratex - Botucatu PS4		150LAB		Código:		IB072378	
Produção:		150LAB		Teste:			0
Data de teste:		23/11/2015 11:30:00		Linha:			PS4
Data de produção:		23/11/2015 11:02:00		Lote:			
Usuário:		Rafael		Turno:			
Cliente:		DURATEX		Classe:			
Revisão:		Não					
Comentário:		70% RUF / 30% PVA [1]					

Flexão									
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Força Kg	Flexão Kg/cm²	Elasticidade Kg/cm²
1		49,92	16,99				85,00	318,53	46152,56
2		49,97	17,08				87,40	323,76	49680,64
3		49,92	16,94				91,90	346,42	49993,34
Média		49,94	17,00				88,10	329,57	48608,85
Des. Pad.		0,03	0,07				3,50	14,83	2132,95
Variação		0,00	0,01				12,27	219,85	4549472,92
Min.		49,92	16,94				85,00	318,53	46152,56
Máx.		49,97	17,08				91,90	346,42	49993,34
Min. Limit			15,40		700	11,52		210,0	22500,0
Max. Limit			16,30		760	12,16			
Amostras		3,00	3,00				3,00	3,00	3,00

Tração									
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Força Kg	Tração	
1	50,27	50,07	16,65	31,94	762,14	12,69	109,50	4,35	
2	50,33	50,06	17,02	31,83	742,27	12,63	100,10	3,97	
3	50,27	49,87	16,58	31,16	749,66	12,43	111,30	4,44	
Média	50,29	50,00	16,75	31,64	751,36	12,58	106,97	4,25	
Des. Pad.	0,03	0,11	0,24	0,42	10,04	0,14	6,01	0,25	
Variação	0,00	0,01	0,06	0,18	100,89	0,02	36,17	0,06	
Min.	50,27	49,87	16,58	31,16	742,27	12,43	100,10	3,97	
Máx.	50,33	50,07	17,02	31,94	762,14	12,69	111,30	4,44	
Min. Limit			15,40		700	11,52		5,6	
Max. Limit			16,30		760	12,16			
Amostras	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	

Tração superficial									
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Força Kg	Tração Superficial	
1							87,60	8,76	
2							79,20	7,92	
3							86,90	8,69	
Média							84,57	8,46	
Des. Pad.							4,66	0,47	
Variação							21,72	0,22	
Min.							79,20	7,92	
Máx.							87,60	8,76	
Min. Limit			15,40		700	11,52		12,2	
Max. Limit			16,30		760	12,16			
Amostras							3,00	3,00	

Humidade									
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Peso seco g	Humidade	
1				30,77	820,53	12,31	28,63	7,47	
2				32,50	866,67	13,00	30,16	7,76	
3				30,86	820,93	12,34	28,68	7,60	
Média				31,38	836,71	12,55	29,16	7,61	
Des. Pad.				0,97	25,97	0,39	0,87	0,14	
Variação				0,95	674,44	0,15	0,76	0,02	
Min.				30,77	820,53	12,31	28,63	7,47	
Máx.				32,50	866,67	13,00	30,16	7,76	
Min. Limit			15,40		700	11,52		4,00	
Max. Limit			16,30		760	12,16		11,00	
Amostras				3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	

Inchamento											
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Espessura 2 h mm	Espessura 24 h mm	Inchamento 2 h %	Inchamento 24 h %	
1			16,61	31,61	761,23	12,64		20,47		23,24	
2			16,93	32,31	763,38	12,92		20,79		22,80	
3			16,90	31,78	752,19	12,71		20,82		23,20	
Média			16,81	31,90	758,93	12,76		20,69		23,08	
Des. Pad.			0,18	0,37	5,94	0,15		0,19		0,24	
Variação			0,03	0,13	35,25	0,02		0,04		0,06	
Min.			16,61	31,61	752,19	12,64		20,47		22,80	
Máx.			16,93	32,31	763,38	12,92		20,82		23,24	
Min. Limit			15,40		700	11,52					
Max. Limit			16,30		760	12,16				12,00	
Amostras			3,00	3,00	3,00	3,00		3,00		3,00	

Absorção											
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Peso 2 h g	Peso 24 h g	Absorção 2 h %	Absorção 24 h %	
1			16,61	31,61	761,23	12,64		57,62		82,28	
2			16,93	32,31	763,38	12,92		58,80		81,99	
3			16,90	31,78	752,19	12,71		58,20		83,13	
Média			16,81	31,90	758,93	12,76		58,21		82,47	
Des. Pad.			0,18	0,37	5,94	0,15		0,59		0,60	
Variação			0,03	0,13	35,25	0,02		0,35		0,35	
Min.			16,61	31,61	752,19	12,64		57,62		81,99	
Máx.			16,93	32,31	763,38	12,92		58,80		83,13	
Min. Limit			15,40		700	11,52					
Max. Limit			16,30		760	12,16					
Amostras			3,00	3,00	3,00	3,00		3,00		3,00	

Duratex - Botucatu PS4

Código:

IB072379

Produção:

150LAB

Teste:

0

Data de teste:

23/11/2015 11:30:31

Linha:

PS4

Usuário:

23/11/2015 11:06:00

Lote:

Cliente

Rafael

Turno:

Revisão:

DURATEX

Classe:

Não

Comentário:

70% RUF / 30% PVA [2]

Flexão									
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Força Kg	Flexão Kg/cm²	Elasticidade Kg/cm²
1		49,85	16,33				84,70	344,06	51502,82
2		50,26	16,41				99,30	396,19	55694,46
3		50,24	16,22				98,80	403,64	54923,71
Média		50,12	16,32				94,27	381,30	54040,33
Des. Pad.		0,23	0,10				8,29	32,46	2231,08
Variação		0,05	0,01				68,70	1053,75	4977734,73
Mín.		49,85	16,22				84,70	344,06	51502,82
Máx.		50,26	16,41				99,30	403,64	55694,46
Mín. Limit			15,40		700	11,52		210,0	22500,0
Max. Limit			16,30		760	12,16			
Amostras		3,00	3,00				3,00	3,00	3,00

Tração									
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Força Kg	Tração	
1	50,33	50,22	16,54	32,16	769,27	12,72	124,00	4,91	
2	50,39	50,12	15,97	29,98	743,31	11,87	114,40	4,53	
3	50,38	50,01	16,22	31,23	764,20	12,40	135,30	5,37	
Média	50,37	50,12	16,24	31,12	758,93	12,33	124,57	4,94	
Des. Pad.	0,03	0,11	0,29	1,09	13,76	0,43	10,46	0,42	
Variação	0,00	0,01	0,08	1,20	189,26	0,19	109,44	0,18	
Mín.	50,33	50,01	15,97	29,98	743,31	11,87	114,40	4,53	
Máx.	50,39	50,22	16,54	32,16	769,27	12,72	135,30	5,37	
Mín. Limit			15,40		700	11,52		5,6	
Max. Limit			16,30		760	12,16			
Amostras	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	

Tração superficial									
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Força Kg	Tração Superficial	
1							125,10	12,51	
2							91,10	9,11	
3							125,10	12,51	
Média							113,77	11,38	
Des. Pad.							19,63	1,96	
Variação							385,33	3,85	
Mín.							91,10	9,11	
Máx.							125,10	12,51	
Mín. Limit			15,40		700	11,52		12,2	
Max. Limit			16,30		760	12,16			
Amostras							3,00	3,00	

Humidade									
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Peso seco g	Humidade	
1				31,81	848,27	12,72	29,51	7,79	
2				30,81	821,60	12,32	28,58	7,80	
3				30,45	812,00	12,18	28,31	7,56	
Média				31,02	827,29	12,41	28,80	7,72	
Des. Pad.				0,70	18,79	0,28	0,63	0,14	
Variação				0,50	353,09	0,08	0,40	0,02	
Mín.				30,45	812,00	12,18	28,31	7,56	
Máx.				31,81	848,27	12,72	29,51	7,80	
Mín. Limit			15,40		700	11,52		4,00	
Max. Limit			16,30		760	12,16		11,00	
Amostras				3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	

Inchamento											
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Espessura 2 h mm	Espessura 24 h mm	Inchamento 2 h %	Inchamento 24 h %	
1			16,63	31,91	767,53	12,76			20,26	21,83	
2			16,40	31,58	770,24	12,63			19,99	21,89	
3			15,80	29,46	745,82	11,78			19,34	22,41	
Média			16,28	30,98	761,20	12,39			19,86	22,04	
Des. Pad.			0,43	1,33	13,38	0,53			0,47	0,32	
Variação			0,18	1,77	179,15	0,28			0,22	0,10	
Mín.			15,80	29,46	745,82	11,78			19,34	21,83	
Máx.			16,63	31,91	770,24	12,76			20,26	22,41	
Mín. Limit			15,40		700	11,52					
Max. Limit			16,30		760	12,16				12,00	
Amostras			3,00	3,00	3,00	3,00		3,00		3,00	

Absorção											
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Peso 2 h g	Peso 24 h g	Absorção 2 h %	Absorção 24 h %	
1			16,63	31,91	767,53	12,76		57,35		79,72	
2			16,40	31,58	770,24	12,63		56,95		80,34	
3			15,80	29,46	745,82	11,78		54,40		84,66	
Média			16,28	30,98	761,20	12,39		56,23		81,57	
Des. Pad.			0,43	1,33	13,38	0,53		1,60		2,69	
Variação			0,18	1,77	179,15	0,28		2,56		7,23	
Mín.			15,80	29,46	745,82	11,78		54,40		79,72	
Máx.			16,63	31,91	770,24	12,76		57,35		84,66	
Mín. Limit			15,40		700	11,52					
Max. Limit			16,30		760	12,16					
Amostras			3,00	3,00	3,00	3,00		3,00		3,00	

Duratex - Botucatu PS4

Código:

IB072390

Produção:

150LAB

Teste:

0

Data de teste:

23/11/2015 11:31:02

Linha:

PS4

Data de produção:

23/11/2015 11:07:00

Lote:

Usuário:

Rafael

Turno:

Cliente

DURATEX

Classe:

Revisão:

Não

Comentário:

70% RUF / 30% PVA [3]

Flexão									
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Força Kg	Flexão Kg/cm²	Elasticidade Kg/cm²
1	1,00	49,07	15,87				88,30	385,82	53365,76
2	10,00	49,94	16,33				100,80	408,73	58519,90
3	2,00	49,89	16,67				90,80	353,67	54037,57
Média	4,33	49,63	16,29				93,30	382,74	55307,74
Des. Pad.	4,93	0,49	0,40				6,61	27,66	2802,01
Variação	24,33	0,24	0,16				43,75	765,02	7851280,33
Mín.	1,00	49,07	15,87				88,30	353,67	53365,76
Máx.	10,00	49,94	16,67				100,80	408,73	58519,90
Mín. Limit			15,40		700	11,52		210,0	22500,0
Max. Limit			16,30		760	12,16			
Amostras	3,00	3,00	3,00				3,00	3,00	3,00

Tração									
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Força Kg	Tração Kg/cm²	
1	50,20	50,04	16,61	31,03	743,69	12,35	61,80	2,46	
2	50,25	50,08	16,33	30,89	751,68	12,27	76,20	3,03	
3	50,17	49,79	16,78	31,78	758,19	12,72	62,70	2,51	
Média	50,21	49,97	16,57	31,23	751,18	12,45	66,90	2,67	
Des. Pad.	0,04	0,16	0,23	0,48	7,26	0,24	8,07	0,31	
Variação	0,00	0,02	0,23	0,23	52,73	0,06	65,07	0,10	
Mín.	50,17	49,79	16,33	30,89	743,69	12,27	61,80	2,46	
Máx.	50,25	50,08	16,78	31,78	758,19	12,72	76,20	3,03	
Mín. Limit			15,40		700	11,52		5,6	
Max. Limit			16,30		760	12,16			
Amostras	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	

Tração superficial									
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Força Kg	Tração Superficial Kg/cm²	
1							66,90	6,69	
2							116,90	11,69	
3							102,50	10,25	
Média							95,43	9,54	
Des. Pad.							25,74	2,57	
Variação							662,45	6,62	
Mín.							66,90	6,69	
Máx.							116,90	11,69	
Mín. Limit			15,40		700	11,52		12,2	
Max. Limit			16,30		760	12,16			
Amostras							3,00	3,00	

Humidade									
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Peso seco g	Humidade %	
1				30,16	804,27	12,06	28,01	7,68	
2				31,19	831,73	12,48	28,85	8,11	
3				31,05	828,00	12,42	28,77	7,92	
Média				30,80	821,33	12,32	28,54	7,90	
Des. Pad.				0,56	14,90	0,22	0,46	0,22	
Variação				0,31	221,94	0,05	0,21	0,05	
Mín.				30,16	804,27	12,06	28,01	7,68	
Máx.				31,19	831,73	12,48	28,85	8,11	
Mín. Limit			15,40		700	11,52		4,00	
Max. Limit			16,30		760	12,16		11,00	
Amostras				3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	

Inchamento											
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Espessura 2 h mm	Espessura 24 h mm	Inchamento 2 h %	Inchamento 24 h %	
1			16,42	30,49	742,75	12,20					20,58
2			16,46	30,96	752,37	12,38					19,93
3			16,49	31,07	753,67	12,43					20,13
Média			16,46	30,84	749,60	12,34					20,22
Des. Pad.			0,04	0,31	5,96	0,12					0,34
Variação			0,00	0,09	35,56	0,02					0,11
Mín.			16,42	30,49	742,75	12,20					19,93
Máx.			16,49	31,07	753,67	12,43					20,58
Mín. Limit			15,40		700	11,52					
Max. Limit			16,30		760	12,16					12,00
Amostras			3,00	3,00	3,00	3,00		3,00			3,00

Absorção											
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Peso 2 h g	Peso 24 h g	Absorção 2 h %	Absorção 24 h %	
1			16,42	30,49	742,75	12,20			55,51		82,06
2			16,46	30,96	752,37	12,38			56,12		81,27
3			16,49	31,07	753,67	12,43			55,85		79,76
Média			16,46	30,84	749,60	12,34			55,83		81,03
Des. Pad.			0,04	0,31	5,96	0,12			0,31		1,17
Variação			0,00	0,09	35,56	0,02			0,09		1,37
Mín.			16,42	30,49	742,75	12,20			55,51		79,76
Máx.			16,49	31,07	753,67	12,43			56,12		82,06
Mín. Limit			15,40		700	11,52					
Max. Limit			16,30		760	12,16					
Amostras			3,00	3,00	3,00	3,00		3,00			3,00

Duralex - Botucatu PS4

150LAB

Código:

IB072381

Produção:

150LAB

Teste:

0

Data de teste:

23/11/2015 11:31:19

Linha:

PS4

Data de produção:

23/11/2015 11:08:00

Lote:

Usuário:

Rafael

Turno:

Cliente:

DURATEX

Classe:

Revisão:

Não

Comentário:

70% RUF / 30% PVA [4]

Flexão									
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Força Kg	Flexão Kg/cm²	Elasticidade Kg/cm²
1		49,94	16,45				80,60	322,07	47617,93
2		50,00	17,00				94,70	353,90	50839,28
3		49,98	17,44				103,40	367,30	51144,15
Média		49,97	16,96				92,90	347,76	49867,12
Des. Pad.		0,03	0,50				11,51	23,23	1953,81
Variação		0,00	0,25				132,39	539,82	3817385,11
Mín.		49,94	16,45				80,60	322,07	47617,93
Máx.		50,00	17,44				103,40	367,30	51144,15
Mín. Limit			15,40		700	11,52		210,0	22500,0
Max. Limit			16,30		760	12,16			
Amostras		3,00	3,00				3,00	3,00	3,00

Tração									
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Força Kg	Tração	
1	50,25	50,14	17,12	33,09	767,14	13,13	68,60	2,72	
2	50,13	50,33	17,08	33,23	771,11	13,17	84,60	3,35	
3	50,20	50,03	17,34	33,57	770,85	13,37	77,20	3,07	
Média	50,19	50,17	17,18	33,30	769,70	13,22	76,80	3,05	
Des. Pad.	0,06	0,15	0,14	0,25	2,22	0,13	8,01	0,32	
Variação	0,00	0,02	0,02	0,06	4,94	0,02	64,12	0,10	
Mín.	50,13	50,03	17,08	33,09	767,14	13,13	68,60	2,72	
Máx.	50,25	50,33	17,34	33,57	771,11	13,37	84,60	3,35	
Mín. Limit			15,40		700	11,52		5,6	
Max. Limit			16,30		760	12,16			
Amostras	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	

Tração superficial									
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Força Kg	Tração Superficial	
1							84,80	8,48	
2							107,40	10,74	
3							95,90	9,58	
Média							96,00	9,60	
Des. Pad.							11,30	1,13	
Variação							127,72	1,28	
Mín.							84,80	8,48	
Máx.							107,40	10,74	
Mín. Limit			15,40		700	11,52		12,2	
Max. Limit			16,30		760	12,16			
Amostras							3,00	3,00	

Humidade									
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Peso seco g	Humidade	
1				31,48	839,47	12,59	29,14	8,03	
2				33,85	902,67	13,54	31,29	8,18	
3				32,84	875,73	13,14	30,31	8,35	
Média				32,72	872,62	13,09	30,25	8,19	
Des. Pad.				1,19	31,71	0,48	1,08	0,16	
Variação				1,41	1005,82	0,23	1,16	0,03	
Mín.				31,48	839,47	12,59	29,14	8,03	
Máx.				33,85	902,67	13,54	31,29	8,35	
Mín. Limit			15,40		700	11,52		4,00	
Max. Limit			16,30		760	12,16		11,00	
Amostras				3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	

Inchamento											
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Espessura 2 h mm	Espessura 24 h mm	Inchamento 2 h %	Inchamento 24 h %	
1			16,92	32,41	766,19	12,96		21,07		24,53	
2			17,32	33,65	777,14	13,46		21,20		22,40	
3			17,34	32,85	757,79	13,14		21,13		21,86	
Média			17,19	32,97	767,04	13,19		21,13		22,93	
Des. Pad.			0,24	0,63	9,70	0,25		0,07		1,41	
Variação			0,06	0,40	94,15	0,06		0,00		1,99	
Mín.			16,92	32,41	757,79	12,96		21,07		21,86	
Máx.			17,34	33,65	777,14	13,46		21,20		24,53	
Mín. Limit			15,40		700	11,52					
Max. Limit			16,30		760	12,16				12,00	
Amostras			3,00	3,00	3,00	3,00		3,00		3,00	

Absorção											
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Peso 2 h g	Peso 24 h g	Absorção 2 h %	Absorção 24 h %	
1			16,92	32,41	766,19	12,96		60,36		86,24	
2			17,32	33,65	777,14	13,46		62,05		84,40	
3			17,34	32,85	757,79	13,14		60,74		84,90	
Média			17,19	32,97	767,04	13,19		61,05		85,18	
Des. Pad.			0,24	0,63	9,70	0,25		0,89		0,95	
Variação			0,06	0,40	94,15	0,06		0,79		0,91	
Mín.			16,92	32,41	757,79	12,96		60,36		84,40	
Máx.			17,34	33,65	777,14	13,46		62,05		86,24	
Mín. Limit			15,40		700	11,52					
Max. Limit			16,30		760	12,16					
Amostras			3,00	3,00	3,00	3,00		3,00		3,00	

Duratex - Botucatu PS4

Código:

IB072382

Produção:

150LAB

Teste:

0

Data de teste:

23/11/2015 11:31:36

Linha:

PS4

Data de produção:

23/11/2015 11:08:00

Lote:

Usuário:

Rafael

Turno:

Cliente

DURATEX

Classe:

Revisão:

Não

Comentário:

50% RUF / 50% PVA [1]

Flexão									
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Força Kg	Flexão Kg/cm²	Elasticidade Kg/cm²
1		50,40	16,54				66,20	259,27	38594,14
2		50,28	16,78				72,60	276,92	43058,02
3		50,26	17,13				83,60	306,10	45667,17
Média		50,31	16,82				74,13	280,76	42439,78
Des. Pad.		0,08	0,30				8,80	23,65	3576,81
Variação		0,01	0,09				77,45	559,37	12793584,75
Mín.		50,26	16,54				66,20	259,27	38594,14
Máx.		50,40	17,13				83,60	306,10	45667,17
Mín. Limit			15,40		700	11,52		210,0	22500,0
Max. Limit			16,30		760	12,16			
Amostras		3,00	3,00				3,00	3,00	3,00

Tração									
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Força Kg	Tração Kg/cm²	
1	50,52	50,21	16,95	32,51	756,13	12,82	72,40	2,85	
2	50,59	50,31	16,82	32,68	763,37	12,84	49,10	1,93	
3	50,56	50,12	17,06	32,69	756,17	12,90	83,40	3,29	
Média	50,56	50,21	16,94	32,63	758,56	12,85	68,30	2,69	
Des. Pad.	0,04	0,10	0,12	0,10	4,17	0,04	17,51	0,70	
Variação	0,00	0,01	0,01	0,01	17,41	0,00	306,73	0,48	
Mín.	50,52	50,12	16,82	32,51	756,13	12,82	49,10	1,93	
Máx.	50,59	50,31	17,06	32,69	763,37	12,90	83,40	3,29	
Mín. Limit			15,40		700	11,52		5,6	
Max. Limit			16,30		760	12,16			
Amostras	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	

Tração superficial									
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Força Kg	Tração Superficial Kg/cm²	
1							69,10	6,91	
2							100,30	10,03	
3							71,50	7,15	
Média							80,30	8,03	
Des. Pad.							17,36	1,74	
Variação							301,44	3,01	
Mín.							69,10	6,91	
Máx.							100,30	10,03	
Mín. Limit			15,40		700	11,52		12,2	
Max. Limit			16,30		760	12,16			
Amostras							3,00	3,00	

Humidade									
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Peso seco g	Humidade %	
1				31,09	829,07	12,44	28,85	7,76	
2				33,17	894,53	13,27	30,84	7,56	
3				30,96	825,60	12,38	28,73	7,76	
Média				31,74	846,40	12,70	29,47	7,69	
Des. Pad.				1,24	33,07	0,50	1,19	0,12	
Variação				1,54	1093,62	0,25	1,40	0,01	
Mín.				30,96	825,60	12,38	28,73	7,56	
Máx.				33,17	894,53	13,27	30,84	7,76	
Mín. Limit			15,40		700	11,52		4,00	
Max. Limit			16,30		760	12,16		11,00	
Amostras				3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	

Inchamento											
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Espessura 2 h mm	Espessura 24 h mm	Inchamento 2 h %	Inchamento 24 h %	
1			16,92	31,69	749,17	12,68		22,06			30,38
2			16,98	33,11	779,98	13,24		21,78			28,27
3			17,00	31,45	740,00	12,58		22,26			30,94
Média			16,97	32,08	756,38	12,83		22,03			29,86
Des. Pad.			0,04	0,90	20,94	0,36		0,24			1,41
Variação			0,00	0,80	438,52	0,13		0,06			1,99
Mín.			16,92	31,45	740,00	12,58		21,78			28,27
Máx.			17,00	33,11	779,98	13,24		22,26			30,94
Mín. Limit			15,40		700	11,52					
Max. Limit			16,30		760	12,16					12,00
Amostras			3,00	3,00	3,00	3,00		3,00			3,00

Absorção											
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Peso 2 h g	Peso 24 h g	Absorção 2 h %	Absorção 24 h %	
1			16,92	31,69	749,17	12,68		63,77			101,23
2			16,98	33,11	779,98	13,24		59,57			79,92
3			17,00	31,45	740,00	12,58		62,08			97,39
Média			16,97	32,08	756,38	12,83		61,81			92,85
Des. Pad.			0,04	0,90	20,94	0,36		2,11			11,36
Variação			0,00	0,80	438,52	0,13		4,47			129,09
Mín.			16,92	31,45	740,00	12,58		59,57			79,92
Máx.			17,00	33,11	779,98	13,24		63,77			101,23
Mín. Limit			15,40		700	11,52					
Max. Limit			16,30		760	12,16					
Amostras			3,00	3,00	3,00	3,00		3,00			3,00

Duratex - Botucatu PS4		150LAB		Código:		IB072383	
Produção:		150LAB		Teste:		0	
Data de teste:		23/11/2015 11:31:52		Linha:		PS4	
Data de produção:		23/11/2015 11:11:00		Lote:			
Usuário:		Rafael		Turno:			
Cliente:		DURATEX		Classe:			
Revisão:		Não					
Comentário:		50% RUF / 50% PVA [2]					

Flexão									
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Força Kg	Flexão Kg/cm²	Elasticidade Kg/cm²
1		49,81	16,67				58,70	229,00	39691,20
2		49,67	16,70				66,60	259,62	42159,66
3		49,52	16,59				72,50	287,25	45238,22
Média		49,67	16,65				65,93	258,63	42363,02
Des. Pad.		0,15	0,06				6,92	29,13	2779,10
Variação		0,02	0,00				47,94	848,85	7723374,10
Mín.		49,52	16,59				58,70	229,00	39691,20
Máx.		49,81	16,70				72,50	287,25	45238,22
Mín. Limit			15,40		700	11,52		210,0	22500,0
Max. Limit			16,30		760	12,16			
Amostras	3,00		3,00				3,00	3,00	3,00

Tração									
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Força Kg	Tração Kg/cm²	
1	49,66	49,85	16,61	30,95	752,70	12,50	96,30	3,89	
2	49,71	49,87	16,94	31,55	751,28	12,73	74,70	3,01	
3	49,87	49,65	16,57	31,24	761,43	12,62	96,70	3,91	
Média	49,75	49,79	16,71	31,25	755,14	12,62	89,23	3,60	
Des. Pad.	0,11	0,12	0,20	0,30	5,50	0,11	12,59	0,51	
Variação	0,01	0,01	0,04	0,09	30,21	0,01	158,45	0,26	
Mín.	49,66	49,65	16,57	30,95	751,28	12,50	74,70	3,01	
Máx.	49,87	49,87	16,94	31,55	761,43	12,73	96,70	3,91	
Mín. Limit			15,40		700	11,52		5,6	
Max. Limit			16,30		760	12,16			
Amostras	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	

Tração superficial									
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Força Kg	Tração Superficial Kg/cm²	
1							86,50	8,65	
2							97,70	9,77	
3							80,40	8,04	
Média							88,20	8,82	
Des. Pad.							8,77	0,88	
Variação							76,99	0,77	
Mín.							80,40	8,04	
Máx.							97,70	9,77	
Mín. Limit			15,40		700	11,52		12,2	
Max. Limit			16,30		760	12,16			
Amostras							3,00	3,00	

Humidade									
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Peso seco g	Humidade %	
1				29,75	793,33	11,90	27,64	7,63	
2				31,35	836,00	12,54	29,16	7,51	
3				30,67	817,87	12,27	28,52	7,54	
Média				30,59	815,73	12,24	28,44	7,56	
Des. Pad.				0,80	21,41	0,32	0,76	0,06	
Variação				0,64	458,52	0,10	0,58	0,00	
Mín.				29,75	793,33	11,90	27,64	7,51	
Máx.				31,35	836,00	12,54	29,16	7,63	
Mín. Limit			15,40		700	11,52		4,00	
Max. Limit			16,30		760	12,16		11,00	
Amostras				3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	

Inchamento											
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Espessura 2 h mm	Espessura 24 h mm	Inchamento 2 h %	Inchamento 24 h %	
1			16,33	30,00	734,84	12,00		21,21			29,88
2			16,71	31,31	749,49	12,52		21,80			30,46
3			16,20	30,36	749,63	12,14		20,51			26,60
Média			16,41	30,56	744,65	12,22		21,17			28,98
Des. Pad.			0,27	0,68	8,50	0,27		0,65			2,08
Variação			0,07	0,46	72,20	0,07		0,42			4,33
Mín.			16,20	30,00	734,84	12,00		20,51			26,60
Máx.			16,71	31,31	749,63	12,52		21,80			30,46
Mín. Limit			15,40		700	11,52					
Max. Limit			16,30		760	12,16					12,00
Amostras			3,00	3,00	3,00	3,00		3,00			3,00

Absorção											
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Peso 2 h g	Peso 24 h g	Absorção 2 h %	Absorção 24 h %	
1			16,33	30,00	734,84	12,00		59,22			97,40
2			16,71	31,31	749,49	12,52		59,04			88,57
3			16,20	30,36	749,63	12,14		51,99			71,25
Média			16,41	30,56	744,65	12,22		56,75			85,74
Des. Pad.			0,27	0,68	8,50	0,27		4,12			13,30
Variação			0,07	0,46	72,20	0,07		17,00			177,02
Mín.			16,20	30,00	734,84	12,00		51,99			71,25
Máx.			16,71	31,31	749,63	12,52		59,22			97,40
Mín. Limit			15,40		700	11,52					
Max. Limit			16,30		760	12,16					
Amostras			3,00	3,00	3,00	3,00		3,00			3,00

Duralex - Botucatu PS4

150LAB

Código:

Produção:

Data de teste:

Data de produção:

Usuário:

Cliente

Revisão:

23/11/2015 11:32:02

23/11/2015 11:12:00

Rafael

DURATEX

Não

Teste:

Linha:

Lote:

Turno:

Classe:

0

PS4

Comentário:

50% RUF / 50% PVA [3]

Flexão									
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Força Kg	Flexão Kg/cm²	Elasticidade Kg/cm²
1		49,63	17,64				65,70	229,73	38421,08
2		50,42	17,69				74,10	253,60	39203,81
3		50,21	17,41				70,10	248,73	41746,81
Média		50,09	17,58				69,97	244,02	39790,57
Des. Pad.		0,41	0,15				4,20	12,61	1738,77
Variação		0,17	0,02				17,65	159,09	3023331,46
Mín.		49,63	17,41				65,70	229,73	38421,08
Máx.		50,42	17,69				74,10	253,60	41746,81
Mín. Limit			15,40		700	11,52		210,0	22500,0
Max. Limit			16,30		760	12,16			
Amostras		3,00	3,00				3,00	3,00	3,00

Tração									
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Força Kg	Tração	
1	50,38	50,26	17,68	32,54	726,87	12,85	24,00	0,95	
2	50,24	50,50	17,03	30,46	704,98	12,01	43,40	1,71	
3	50,01	50,49	17,11	31,44	727,73	12,45	65,70	2,60	
Média	50,21	50,42	17,27	31,48	719,86	12,44	44,37	1,75	
Des. Pad.	0,19	0,14	0,35	1,04	12,90	0,42	20,87	0,83	
Variação	0,03	0,02	0,13	1,08	166,28	0,18	435,42	0,69	
Mín.	50,01	50,26	17,03	30,46	704,98	12,01	24,00	0,95	
Máx.	50,38	50,50	17,68	32,54	727,73	12,85	65,70	2,60	
Mín. Limit			15,40		700	11,52		5,6	
Max. Limit			16,30		760	12,16			
Amostras	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	

Tração superficial									
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Força Kg	Tração Superficial	
1							56,90	5,69	
2							73,90	7,39	
3							35,40	3,54	
Média							55,40	5,54	
Des. Pad.							19,29	1,93	
Variação							372,25	3,72	
Mín.							35,40	3,54	
Máx.							73,90	7,39	
Mín. Limit			15,40		700	11,52		12,2	
Max. Limit			16,30		760	12,16			
Amostras							3,00	3,00	

Humidade									
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Peso seco g	Humidade	
1				32,23	859,47	12,89	29,95	7,61	
2				31,31	834,93	12,52	29,14	7,45	
3				31,43	836,13	12,57	29,27	7,38	
Média				31,66	844,18	12,66	29,45	7,48	
Des. Pad.				0,50	13,34	0,20	0,44	0,12	
Variação				0,25	177,87	0,04	0,19	0,01	
Mín.				31,31	834,93	12,52	29,14	7,38	
Máx.				32,23	859,47	12,89	29,95	7,61	
Mín. Limit			15,40		700	11,52		4,00	
Max. Limit			16,30		760	12,16		11,00	
Amostras				3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	

Inchamento											
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Espessura 2 h mm	Espessura 24 h mm	Inchamento 2 h %	Inchamento 24 h %	
1			17,76	32,25	726,35	12,90		24,44		37,61	
2			17,51	31,87	728,04	12,75		24,12		37,75	
3			17,32	31,52	727,94	12,61		23,87		37,82	
Média			17,53	31,88	727,45	12,75		24,14		37,73	
Des. Pad.			0,22	0,37	0,95	0,15		0,29		0,10	
Variação			0,05	0,13	0,90	0,02		0,08		0,01	
Mín.			17,32	31,52	726,35	12,61		23,87		37,61	
Máx.			17,76	32,25	728,04	12,90		24,44		37,82	
Mín. Limit			15,40		700	11,52					
Max. Limit			16,30		760	12,16				12,00	
Amostras			3,00	3,00	3,00	3,00		3,00		3,00	

Absorção											
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Peso 2 h g	Peso 24 h g	Absorção 2 h %	Absorção 24 h %	
1			17,76	32,25	726,35	12,90		69,27		114,79	
2			17,51	31,87	728,04	12,75		68,86		116,07	
3			17,32	31,52	727,94	12,61		66,86		112,12	
Média			17,53	31,88	727,45	12,75		68,33		114,33	
Des. Pad.			0,22	0,37	0,95	0,15		1,29		2,01	
Variação			0,05	0,13	0,90	0,02		1,66		4,06	
Mín.			17,32	31,52	726,35	12,61		66,86		112,12	
Máx.			17,76	32,25	728,04	12,90		69,27		116,07	
Mín. Limit			15,40		700	11,52					
Max. Limit			16,30		760	12,16					
Amostras			3,00	3,00	3,00	3,00		3,00		3,00	

Duratex - Botucatu PS4

Código:

IB072385

Produção:
Data de teste:
Data de produção:
Usuário:
Cliente
Revisão:

150LAB
23/11/2015 11:32:14
23/11/2015 11:13:00
Rafael
DURATEX
Não

Teste:
Linha:
Lote:
Turno:
Classe:

0
PS4

Comentário: 50% RUF / 50% PVA [4]

Flexão									
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Força Kg	Flexão Kg/cm²	Elasticidade Kg/cm²
1		49,42	16,56				59,60	237,47	41866,85
2		50,25	16,82				81,90	311,09	45761,54
3		49,99	17,26				93,60	339,39	49974,11
Média		49,89	16,88				78,37	295,99	45867,50
Des. Pad.		0,42	0,35				17,27	52,61	4054,67
Variação		0,18	0,13				298,36	2768,06	16440342,52
Mín.		49,42	16,56				59,60	237,47	41866,85
Máx.		50,25	17,26				93,60	339,39	49974,11
Mín. Limit			15,40		700	11,52		210,0	22500,0
Max. Limit			16,30		760	12,16			
Amostras		3,00	3,00				3,00	3,00	3,00

Tração									
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Força Kg	Tração Kg/cm²	
1	50,00	50,28	17,14	31,74	736,60	12,63	79,20	3,15	
2	50,28	49,99	16,67	30,25	721,96	12,04	67,50	2,69	
3	50,38	50,02	17,25	31,93	734,53	12,67	86,40	3,43	
Média	50,22	50,10	17,02	31,31	731,03	12,44	77,70	3,09	
Des. Pad.	0,20	0,16	0,31	0,92	7,92	0,35	9,54	0,38	
Variação	0,04	0,03	0,09	0,85	62,78	0,13	90,99	0,14	
Mín.	50,00	49,99	16,67	30,25	721,96	12,04	67,50	2,69	
Máx.	50,38	50,28	17,25	31,93	736,60	12,67	86,40	3,43	
Mín. Limit			15,40		700	11,52		5,6	
Max. Limit			16,30		760	12,16			
Amostras	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	

Tração superficial									
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Força Kg	Tração Superficial Kg/cm²	
1							97,50	9,75	
2							83,90	8,39	
3							86,30	8,63	
Média							89,23	8,92	
Des. Pad.							7,26	0,73	
Variação							52,69	0,53	
Mín.							83,90	8,39	
Máx.							97,50	9,75	
Mín. Limit			15,40		700	11,52		12,2	
Max. Limit			16,30		760	12,16			
Amostras							3,00	3,00	

Humidade									
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Peso seco g	Humidade %	
1				31,39	837,07	12,56	29,20	7,50	
2				31,00	826,67	12,40	28,86	7,42	
3				31,86	849,60	12,74	29,63	7,53	
Média				31,42	837,78	12,57	29,23	7,48	
Des. Pad.				0,43	11,48	0,17	0,39	0,06	
Variação				0,19	131,86	0,03	0,15	0,00	
Mín.				31,00	826,67	12,40	28,86	7,42	
Máx.				31,86	849,60	12,74	29,63	7,53	
Mín. Limit			15,40		700	11,52		4,00	
Max. Limit			16,30		760	12,16		11,00	
Amostras				3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	

Inchamento											
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Espessura 2 h mm	Espessura 24 h mm	Inchamento 2 h %	Inchamento 24 h %	
1			17,19	31,54	733,92	12,62		22,58			31,36
2			17,07	31,25	732,28	12,50		22,47			31,63
3			17,36	32,24	742,86	12,90		22,78			31,22
Média			17,21	31,68	736,35	12,67		22,61			31,40
Des. Pad.			0,15	0,51	5,69	0,20		0,16			0,21
Variação			0,02	0,26	32,42	0,04		0,02			0,04
Mín.			17,07	31,25	732,28	12,50		22,47			31,22
Máx.			17,36	32,24	742,86	12,90		22,78			31,63
Mín. Limit			15,40		700	11,52					
Max. Limit			16,30		760	12,16					12,00
Amostras			3,00	3,00	3,00	3,00		3,00			3,00

Absorção											
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Peso 2 h g	Peso 24 h g	Absorção 2 h %	Absorção 24 h %	
1			17,19	31,54	733,92	12,62		64,34			103,99
2			17,07	31,25	732,28	12,50		63,65			103,68
3			17,36	32,24	742,86	12,90		64,24			99,26
Média			17,21	31,68	736,35	12,67		64,08			102,31
Des. Pad.			0,15	0,51	5,69	0,20		0,37			2,65
Variação			0,02	0,26	32,42	0,04		0,14			7,02
Mín.			17,07	31,25	732,28	12,50		63,65			99,26
Máx.			17,36	32,24	742,86	12,90		64,34			103,99
Mín. Limit			15,40		700	11,52					
Max. Limit			16,30		760	12,16					
Amostras			3,00	3,00	3,00	3,00		3,00			3,00

Duratex - Botucatu PS4

Código:

IB072396

Produção:

150LAB

Teste:

0

Data de teste:

23/11/2015 11:32:34

Linha:

PS4

Data de produção:

23/11/2015 11:20:00

Lote:

Usuário:

Rafael

Turno:

Cliente:

DURATEX

Classe:

Revisão:

Não

Comentário:

30% RUF / 70% PVA [1]

Flexão									
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Força Kg	Flexão Kg/cm²	Elasticidade Kg/cm²
1		50,11	16,76				65,00	249,36	37813,04
2		50,13	16,99				57,60	214,95	32897,12
3		50,03	17,07				63,40	234,85	35847,35
Média		50,09	16,94				62,00	233,05	35519,17
Des. Pad.		0,05	0,16				3,89	17,28	2474,34
Variação		0,00	0,03				15,16	298,55	6122344,23
Min.		50,03	16,76				57,60	214,95	32897,12
Máx.		50,13	17,07				65,00	249,36	37813,04
Min. Limit			15,40		700	11,52		210,0	22500,0
Max. Limit			16,30		760	12,16			
Amostras		3,00	3,00				3,00	3,00	3,00

Tração									
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Força Kg	Tração Kg/cm²	
1	50,29	50,04	16,92	31,21	732,98	12,40	56,20	2,23	
2	50,37	50,08	16,38	30,01	726,30	11,90	66,30	2,63	
3	50,29	50,02	16,61	30,96	740,98	12,31	80,70	3,21	
Média	50,32	50,05	16,64	30,73	733,42	12,20	67,73	2,69	
Des. Pad.	0,05	0,03	0,27	0,63	7,35	0,27	12,31	0,49	
Variação	0,00	0,00	0,07	0,40	54,01	0,07	151,60	0,24	
Min.	50,29	50,02	16,38	30,01	726,30	11,90	56,20	2,23	
Máx.	50,37	50,08	16,92	31,21	740,98	12,40	80,70	3,21	
Min. Limit			15,40		700	11,52		5,6	
Max. Limit			16,30		760	12,16			
Amostras	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	

Tração superficial									
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Força Kg	Tração Superficial Kg/cm²	
1							56,60	5,66	
2							91,40	9,14	
3							91,10	9,11	
Média							79,70	7,97	
Des. Pad.							20,01	2,00	
Variação							400,23	4,00	
Min.							56,60	5,66	
Máx.							91,40	9,14	
Min. Limit			15,40		700	11,52		12,2	
Max. Limit			16,30		760	12,16			
Amostras							3,00	3,00	

Humidade									
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Peso seco g	Humidade %	
1				31,06	828,27	12,42	28,86	7,62	
2				31,15	830,67	12,46	28,98	7,49	
3				30,49	813,07	12,20	28,36	7,51	
Média				30,90	824,00	12,36	28,73	7,54	
Des. Pad.				0,36	9,54	0,14	0,33	0,07	
Variação				0,13	91,09	0,02	0,11	0,01	
Min.				30,49	813,07	12,20	28,36	7,49	
Máx.				31,15	830,67	12,46	28,98	7,62	
Min. Limit			15,40		700	11,52		4,00	
Max. Limit			16,30		760	12,16		11,00	
Amostras				3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	

Inchamento											
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Espessura 2 h mm	Espessura 24 h mm	Inchamento 2 h %	Inchamento 24 h %	
1			16,98	31,37	738,99	12,55			22,79		34,22
2			16,77	31,35	747,76	12,54			24,04		43,35
3			16,74	30,68	733,09	12,27			23,22		38,71
Média			16,83	31,13	739,95	12,45			23,35		38,76
Des. Pad.			0,13	0,39	7,38	0,16			0,64		4,57
Variação			0,02	0,15	54,49	0,02			0,40		20,86
Min.			16,74	30,68	733,09	12,27			22,79		34,22
Máx.			16,98	31,37	747,76	12,55			24,04		43,35
Min. Limit			15,40		700	11,52					
Max. Limit			16,30		760	12,16					12,00
Amostras			3,00	3,00	3,00	3,00		3,00			3,00

Absorção											
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Peso 2 h g	Peso 24 h g	Absorção 2 h %	Absorção 24 h %	
1			16,98	31,37	738,99	12,55			57,62		83,68
2			16,77	31,35	747,76	12,54			64,16		104,66
3			16,74	30,68	733,09	12,27			59,55		94,10
Média			16,83	31,13	739,95	12,45			60,44		94,15
Des. Pad.			0,13	0,39	7,38	0,16			3,36		10,49
Variação			0,02	0,15	54,49	0,02			11,29		110,03
Min.			16,74	30,68	733,09	12,27			57,62		83,68
Máx.			16,98	31,37	747,76	12,55			64,16		104,66
Min. Limit			15,40		700	11,52					
Max. Limit			16,30		760	12,16					
Amostras			3,00	3,00	3,00	3,00		3,00			3,00

Duratex - Botucatu PS4

Código:

IB072387

Produção:
Data de teste:
Data de produção:
Usuário:
Cliente
Revisão:

150LAB
23/11/2015 11:33:05
23/11/2015 11:22:00
Rafael
DURATEX
Não

Teste:
Linha:
Lote:
Turno:
Classe:

0
PS4

Comentário: 30% RUF / 70% PVA [2]

Flexão									
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Força Kg	Flexão Kg/cm²	Elasticidade Kg/cm²
1		49,91	16,38				55,10	222,19	32534,86
2		49,60	16,72				62,80	244,57	37450,64
3		49,71	17,30				70,20	254,80	36968,75
Média		49,74	16,80				62,70	240,52	35651,42
Des. Pad.		0,16	0,47				7,55	16,68	2709,75
Variação		0,02	0,22				57,01	278,06	7342769,41
Min.		49,60	16,38				55,10	222,19	32534,86
Máx.		49,91	17,30				70,20	254,80	37450,64
Min. Limit			15,40		700	11,52		210,0	22500,0
Max. Limit			16,30		760	12,16			
Amostras		3,00	3,00				3,00	3,00	3,00

Tração									
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Força Kg	Tração Kg/cm²	
1	49,80	49,95	17,16	29,87	699,77	12,01	59,70	2,40	
2	49,97	49,65	17,13	29,76	700,24	12,00	44,60	1,80	
3	49,97	49,65	17,58	31,11	713,27	12,54	49,80	2,01	
Média	49,91	49,75	17,29	30,25	704,42	12,18	51,37	2,07	
Des. Pad.	0,10	0,17	0,25	0,75	7,66	0,31	7,67	0,31	
Variação	0,01	0,03	0,06	0,56	58,70	0,10	58,84	0,09	
Min.	49,80	49,65	17,13	29,76	699,77	12,00	44,60	1,80	
Máx.	49,97	49,95	17,58	31,11	713,27	12,54	59,70	2,40	
Min. Limit			15,40		700	11,52		5,6	
Max. Limit			16,30		760	12,16			
Amostras	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	

Tração superficial									
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Força Kg	Tração Superficial Kg/cm²	
1							60,70	6,07	
2							69,30	6,93	
3							67,80	6,78	
Média							65,93	6,59	
Des. Pad.							4,59	0,46	
Variação							21,10	0,21	
Min.							60,70	6,07	
Máx.							69,30	6,93	
Min. Limit			15,40		700	11,52		12,2	
Max. Limit			16,30		760	12,16			
Amostras							3,00	3,00	

Humidade									
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Peso seco g	Humidade %	
1				28,81	768,27	11,52	26,83	7,38	
2				30,57	815,20	12,23	28,57	7,00	
3				30,98	826,13	12,39	28,90	7,20	
Média				30,12	803,20	12,05	28,10	7,19	
Des. Pad.				1,15	30,74	0,46	1,11	0,19	
Variação				1,33	945,14	0,21	1,24	0,04	
Min.				28,81	768,27	11,52	26,83	7,00	
Máx.				30,98	826,13	12,39	28,90	7,38	
Min. Limit			15,40		700	11,52		4,00	
Max. Limit			16,30		760	12,16		11,00	
Amostras				3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	

Inchamento											
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Espessura 2 h mm	Espessura 24 h mm	Inchamento 2 h %	Inchamento 24 h %	
1			17,03	29,53	693,60	11,81		25,14			47,62
2			17,46	30,24	692,78	12,10		25,31			44,96
3			17,43	30,18	692,60	12,07		25,43			45,90
Média			17,31	29,98	692,99	11,99		25,29			46,16
Des. Pad.			0,24	0,39	0,53	0,16		0,15			1,35
Variação			0,06	0,16	0,28	0,02		0,02			1,82
Min.			17,03	29,53	692,60	11,81		25,14			44,96
Máx.			17,46	30,24	693,60	12,10		25,43			47,62
Min. Limit			15,40		700	11,52					
Max. Limit			16,30		760	12,16					12,00
Amostras			3,00	3,00	3,00	3,00		3,00			3,00

Absorção											
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Peso 2 h g	Peso 24 h g	Absorção 2 h %	Absorção 24 h %	
1			17,03	29,53	693,60	11,81		68,63			132,41
2			17,46	30,24	692,78	12,10		69,55			129,99
3			17,43	30,18	692,60	12,07		69,75			131,17
Média			17,31	29,98	692,99	11,99		69,31			131,17
Des. Pad.			0,24	0,39	0,53	0,16		0,60			1,21
Variação			0,06	0,16	0,28	0,02		0,36			1,46
Min.			17,03	29,53	692,60	11,81		68,63			129,99
Máx.			17,46	30,24	693,60	12,10		69,75			132,41
Min. Limit			15,40		700	11,52					
Max. Limit			16,30		760	12,16					
Amostras			3,00	3,00	3,00	3,00		3,00			3,00

Duratex - Botucatu PS4			Código:		IB072388	
Produção:	150LAB		Teste:	0		
Data de teste:	23/11/2015 11:33:16		Linha:	PS4		
Data de produção:	23/11/2015 11:25:00		Lote:			
Usuário:	Rafael		Turno:			
Cliente:	DURATEX		Classe:			
Revisão:	Não					
Comentário:	30% RUF / 70% PVA [3]					

Flexão									
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Força Kg	Flexão Kg/cm²	Elasticidade Kg/cm²
1		50,10	17,58				45,90	160,08	25780,10
2		49,82	17,75				56,60	194,72	32444,54
3		49,93	17,87				69,70	236,06	36317,07
Média		49,95	17,73				57,40	196,95	31513,90
Des. Pad.		0,14	0,15				11,92	38,04	5329,78
Variação		0,02	0,02				142,09	1446,92	28406521,36
Mín.		49,82	17,58				45,90	160,08	25780,10
Máx.		50,10	17,87				69,70	236,06	36317,07
Mín. Limit			15,40		700	11,52		210,0	22500,0
Max. Limit			16,30		760	12,16			
Amostras		3,00	3,00				3,00	3,00	3,00

Tração									
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Força Kg	Tração Kg/cm²	
1	50,23	50,23	17,90	33,44	740,43	13,25	46,20	1,83	
2	50,06	50,31	18,07	33,35	732,81	13,24	48,50	1,93	
3	50,12	50,35	18,00	33,84	744,98	13,41	35,00	1,39	
4	50,14	50,30	17,99	33,54	739,41	13,30	43,23	1,71	
Média		50,06	0,06	0,09	0,26	6,15	0,09	0,29	
Des. Pad.		0,01	0,00	0,01	0,07	37,83	0,01	0,08	
Variação		50,23	17,90	33,35	732,81	13,24	35,00	1,39	
Mín.		50,23	17,90	33,35	732,81	13,24	35,00	1,39	
Máx.		50,35	18,07	33,84	744,98	13,41	48,50	1,93	
Mín. Limit			15,40		700	11,52		5,6	
Max. Limit			16,30		760	12,16			
Amostras	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	

Tração superficial									
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Força Kg	Tração Superficial Kg/cm²	
1							63,60	6,36	
2							71,70	7,17	
3							40,00	4,00	
Média							58,43	5,84	
Des. Pad.							16,47	1,65	
Variação							271,24	2,71	
Mín.							40,00	4,00	
Máx.							71,70	7,17	
Mín. Limit			15,40		700	11,52		12,2	
Max. Limit			16,30		760	12,16			
Amostras							3,00	3,00	

Humidade									
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Peso seco g	Humidade %	
1				31,01	826,93	12,40	28,93	7,19	
2				33,72	899,20	13,49	31,47	7,15	
3				32,98	879,47	13,19	30,84	6,94	
Média				32,57	868,53	13,03	30,41	7,09	
Des. Pad.				1,40	37,35	0,56	1,32	0,13	
Variação				1,96	1395,27	0,31	1,75	0,02	
Mín.				31,01	826,93	12,40	28,93	6,94	
Máx.				33,72	899,20	13,49	31,47	7,19	
Mín. Limit			15,40		700	11,52		4,00	
Max. Limit			16,30		760	12,16		11,00	
Amostras				3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	

Inchamento											
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Espessura 2 h mm	Espessura 24 h mm	Inchamento 2 h %	Inchamento 24 h %	
1			17,68	32,63	738,24	13,05		25,51			44,29
2			18,24	33,97	744,96	13,59		25,63			40,52
3			17,20	32,56	757,21	13,02		25,59			48,78
Média			17,71	33,05	746,80	13,22		25,58			44,53
Des. Pad.			0,52	0,79	9,62	0,32		0,06			4,14
Variação			0,27	0,63	92,55	0,10		0,00			17,12
Mín.			17,20	32,56	738,24	13,02		25,51			40,52
Máx.			18,24	33,97	757,21	13,59		25,63			48,78
Mín. Limit			15,40		700	11,52					
Max. Limit			16,30		760	12,16					12,00
Amostras			3,00	3,00	3,00	3,00		3,00			3,00

Absorção											
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Peso 2 h g	Peso 24 h g	Absorção 2 h %	Absorção 24 h %	
1			17,68	32,63	738,24	13,05		73,61			125,59
2			18,24	33,97	744,96	13,59		72,46			113,31
3			17,20	32,56	757,21	13,02		73,55			125,89
Média			17,71	33,05	746,80	13,22		73,21			121,60
Des. Pad.			0,52	0,79	9,62	0,32		0,65			7,18
Variação			0,27	0,63	92,55	0,10		0,42			51,56
Mín.			17,20	32,56	738,24	13,02		72,46			113,31
Máx.			18,24	33,97	757,21	13,59		73,61			125,89
Mín. Limit			15,40		700	11,52					
Max. Limit			16,30		760	12,16					
Amostras			3,00	3,00	3,00	3,00		3,00			3,00

DURATEX FA					Código:					B 49748				
Produção: 150S01					Teste:					3				
Data de teste: 23/11/2015 11:29					Linha:					PILOTO - LABORATÓRIO				
Data de produção: 23/11/2015 10:59					Lote:					TESTE				
Usuário: RAFAEL / BP					Turno:					C				
Cliente: ProdiQ					Classe:					E2				
Revisão: Não														
Comentário: TESTE MESTRADO RAFAEL - 70% PVA - 30% RUF														
Flexão														
No.	Comprimento	Largura	Espessura	Peso	Densidade	Peso por superfície	Força	Flexão	Elasticidade					
	mm	mm	mm	g	Kg/m³	Kg/m²	Kg	Kg/cm²	Kg/cm²					
1							79,40	309,35	37525,56					
2							73,80	287,53	37117,67					
3							47,50	185,06	30591,49					
Média							66,90	260,65	35078,24					
Des. Pad.							17,03	66,36	3890,99					
Variação							290,11	4403,76	15139798,27					
Min.							47,50	185,06	30591,49					
Máx.							79,40	309,35	37525,56					
Min. Limit					670			210,0	22,5					
Max. Limit					710									
Tracção														
No.	Comprimento	Largura	Espessura	Peso	Densidade	Peso por superfície	Força	Tracção						
	mm	mm	mm	g	Kg/m³	Kg/m²	Kg	Kg/cm²						
1	50,35	50,17	16,32	29,87	724,56	11,82	90,70	3,59						
2	50,35	50,12	16,47	30,37	730,70	12,03	95,50	3,78						
3	50,32	50,15	16,33	29,88	725,07	11,84	78,80	3,12						
Média	50,34	50,15	16,37	30,04	726,78	11,90	88,33	3,50						
Des. Pad.	0,02	0,03	0,08	0,29	3,41	0,12	8,60	0,34						
Variação	0,00	0,00	0,01	0,08	11,62	0,01	73,92	0,12						
Min.	50,32	50,12	16,32	29,87	724,56	11,82	78,80	3,12						
Máx.	50,35	50,17	16,47	30,37	730,70	12,03	95,50	3,78						
Min. Limit					670			5,6						
Max. Limit					710									
Tracção superficial														
No.	Comprimento	Largura	Espessura	Peso	Densidade	Peso por superfície	Força	Tracção Superficial						
	mm	mm	mm	g	Kg/m³	Kg/m²	Kg	Kg/cm²						
1							160,60	16,06						
2							159,90	15,99						
3							195,30	19,53						
Média							171,93	17,19						
Des. Pad.							20,24	2,02						
Variação							409,62	4,10						
Min.							159,90	15,99						
Máx.							195,30	19,53						
Min. Limit					670			12,2						
Max. Limit					710									
Humidade														
No.	Comprimento	Largura	Espessura	Peso	Densidade	Peso por superfície	Peso seco	Humidade						
	mm	mm	mm	g	Kg/m³	Kg/m²	g	%						
1				30,70	797,40	12,28	28,63	7,23						
2				28,67	744,68	11,47	26,50	8,19						
3				28,58	742,34	11,43	26,62	7,36						
Média				29,32	761,47	11,73	27,25	7,59						
Des. Pad.				1,20	31,14	0,48	1,20	0,52						
Variação				1,44	969,63	0,23	1,43	0,27						
Min.				28,58	742,34	11,43	26,50	7,23						
Máx.				30,70	797,40	12,28	28,63	8,19						
Min. Limit					670			4,00						
Max. Limit					710			11,00						
Inchamento														
No.	Comprimento	Largura	Espessura	Peso	Densidade	Peso por superfície	Espessura 2 h	Espessura 24 h	Inchamento 2 h	Inchamento 24 h				
	mm	mm	mm	g	Kg/m³	Kg/m²	mm	mm	%	%				
1			16,11	28,83	715,83	11,53		18,91		17,38				
2			16,17	29,83	737,91	11,93		19,68		21,71				
3			16,13	29,65	735,28	11,86		19,62		21,64				
Média			16,14	29,44	729,67	11,77		19,40		20,24				
Des. Pad.			0,03	0,53	12,06	0,21		0,43		2,48				
Variação			0,00	0,28	145,45	0,05		0,18		6,14				
Min.			16,11	28,83	715,83	11,53		18,91		17,38				
Máx.			16,17	29,83	737,91	11,93		19,68		21,71				
Min. Limit					670									
Max. Limit					710					15,00				
Absorção														
No.	Comprimento	Largura	Espessura	Peso	Densidade	Peso por superfície	Peso 2 h	Peso 24 h	Absorção 2 h	Absorção 24 h				
	mm	mm	mm	g	Kg/m³	Kg/m²	g	g	%	%				
1			16,11	28,83	715,83	11,53		83,61		190,01				
2			16,17	29,83	737,91	11,93		85,49		186,59				
3			16,13	29,65	735,28	11,86		84,01		183,34				
Média			16,14	29,44	729,67	11,77		84,37		186,65				
Des. Pad.			0,03	0,53	12,06	0,21		0,99		3,34				
Variação			0,00	0,28	145,45	0,05		0,98		11,13				
Min.			16,11	28,83	715,83	11,53		83,61		183,34				
Máx.			16,17	29,83	737,91	11,93		85,49		190,01				
Min. Limit					670									
Max. Limit					710									

APÊNDICE B

Relatórios das análises estatísticas (teste de Tukey e análise de variância – ANOVA).

```
=====
ASSISTAT Versão 7.7 pt (2016) - Homepage http://www.assistat.com
Por Francisco de A. S. e Silva - UFCG-Brasil - Atualiz. 01/08/2016
=====
Arquivo TESTE_MOR.txt Data 04/08/2016 Hora 19:01:56
```

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO

QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	3	155527.45364	51842.48455	36.2656 **
Resíduo	44	62899.00921	1429.52294	
Total	47	218426.46285		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

GL	GLR	F-crit	F	p
3	44	4.2617	36.2656	<.0001

MÉDIAS E MEDIDAS

Médias de tratamento

1	363.82250 a
2	360.34080 a
3	269.84750 b
4	232.79330 b

dms = 41.21722

MG = 306.70104

CV% = 12.33

Ponto médio = 290.67500

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Normalidade dos dados (alfa = 5%)

Teste (Estatística)	Valor	p-valor	Normal
Shapiro-Wilk (W)	0.96682	0.18981	Sim

=====

ASSISTAT Versão 7.7 pt (2016) - Homepage <http://www.assistat.com>
 Por Francisco de A. S. e Silva - UFCG-Brasil - Atualiz. 01/08/2016

=====

Arquivo TEST_MOE.txt Data 04/08/2016 Hora 19:13:29

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO

QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	3	3106897653.052	1035632551.02	50.8771 **
Resíduo	44	895644916.0482	20355566.2738	
Total	47	4002542569.100		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

GL	GLR	F-crit	F	p
3	44	4.2617	50.8771	<.0001

MÉDIAS E MEDIDAS

Médias de tratamento

1	54852.35000	a
2	51956.01000	a
3	42615.22000	b
4	34440.68000	c

dms = 4918.41100

MG = 45966.06521

CV% = 9.82

Ponto médio = 46044.63000

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Normalidade dos dados (alfa = 5%)

Teste (Estatística)	Valor	p-valor	Normal
Shapiro-Wilk (W)	0.98492	0.78804	Sim

```

=====
ASSISTAT Versão 7.7 pt (2016) - Homepage http://www.assistat.com
Por Francisco de A. S. e Silva - UFCG-Brasil - Atualiz. 01/08/2016
=====
Arquivo TEST_TRAÇÃO PERPENDICULAR.txt
Data 04/08/2016 Hora 19:18:55

```

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO

QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	3	75.88237	25.29412	18.0045 **
Resíduo	44	61.81448	1.40487	
Total	47	137.69685		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)
 * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)
 ns não significativo ($p \geq .05$)

GL	GLR	F-crit	F	p
3	44	4.2617	18.0045	<.0001

MÉDIAS E MEDIDAS

Médias de tratamento

1	5.70750 a
2	3.72583 b
3	2.78417 b
4	2.49333 b
dms =	1.29212

MG = 3.67771

Ponto médio = 4.45000

CV% = 32.23

As médias seguidas pela mesma letra não diferem
 estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste
 de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Normalidade dos dados (alfa = 5%)

Teste (Estatística)	Valor	p-valor	Normal
Shapiro-Wilk (W)	0.90485	0.00091	Não

```

=====
ASSISTAT Versão 7.7 pt (2016) - Homepage http://www.assistat.com
Por Francisco de A. S. e Silva - UFCG-Brasil - Atualiz. 01/08/2016
=====
Arquivo TEST_TRAÇÃO_SUPERFICIAL.txt
Data 04/08/2016 Hora 19:29:49

```

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO

QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	3	92.93362	30.97787	2.9641 *
Resíduo	44	459.84788	10.45109	
Total	47	552.78150		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

GL	GLR	F-crit	F	p
3	44	2.8167	2.9641	0.0422

MÉDIAS E MEDIDAS

Médias de tratamento

1	11.73750 a
2	9.74417 ab
3	7.82833 b
4	9.40000 ab

dms = 3.52423

MG = 9.67750

CV% = 33.41

Ponto médio = 11.53500

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Normalidade dos dados (alfa = 5%)

Teste (Estatística)	Valor	p-valor	Normal
Shapiro-Wilk (W)	0.93656	0.01200	Não

```
=====
ASSISTAT Versão 7.7 pt (2016) - Homepage http://www.assistat.com
Por Francisco de A. S. e Silva - UFCG-Brasil - Atualiz. 01/08/2016
=====
Arquivo TEST_UMIDADE.txt Data 04/08/2016 Hora 19:38:33
```

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO

QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	3	4.02492	1.34164	22.9896 **
Resíduo	44	2.56777	0.05836	
Total	47	6.59270		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

GL	GLR	F-crit	F	p
3	44	4.2617	22.9896	<.0001

MÉDIAS E MEDIDAS

Médias de tratamento

1	8.11583 a
2	7.85417 a
3	7.55417 b
4	7.35500 b

dms = 0.26335

MG = 7.71979

CV% = 3.13

Ponto médio = 7.68000

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Normalidade dos dados (alfa = 5%)

Teste (Estatística)	Valor	p-valor	Normal
Shapiro-Wilk (W)	0.97724	0.46965	Sim

```
=====
ASSISTAT Versão 7.7 pt (2016) - Homepage http://www.assistat.com
Por Francisco de A. S. e Silva - UFCG-Brasil - Atualiz. 01/08/2016
=====
Arquivo TESTE_INCHAMENTO.txt Data 04/08/2016 Hora 19:47:57
```

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO

QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	3	6607.53243	2202.51081	60.7374 **
Resíduo	44	1595.56497	36.26284	
Total	47	8203.09739		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)
 * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)
 ns não significativo ($p \geq .05$)

GL	GLR	F-crit	F	p
3	44	4.2617	60.7374	<.0001

MÉDIAS E MEDIDAS

Médias de tratamento

1	6.56833	c
2	22.06667	b
3	31.99333	a
4	37.42333	a

dms = 6.56469

MG = 24.51292

CV% = 24.57

Ponto médio = 26.37500

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Normalidade dos dados (alfa = 5%)

Teste (Estatística)	Valor	p-valor	Normal
Shapiro-Wilk (W)	0.94578	0.02723	Não

```
=====
ASSISTAT Versão 7.7 pt (2016) - Homepage http://www.assistat.com
Por Francisco de A. S. e Silva - UFCG-Brasil - Atualiz. 01/08/2016
=====
Arquivo TEST_ABSORÇÃO.txt Data 04/08/2016 Hora 19:55:51
```

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO

QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	3	68714.42521	22904.80840	62.1894 **
Resíduo	44	16205.52638	368.30742	
Total	47	84919.95159		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)
 * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)
 ns não significativo ($p \geq .05$)

GL	GLR	F-crit	F	p
3	44	4.2617	62.1894	<.0001

MÉDIAS E MEDIDAS

Médias de tratamento		
1	28.51333	c
2	82.56250	b
3	98.80583	b
4	133.39000	a
dms =	20.92129	

MG = 85.81792

CV% = 22.36

Ponto médio = 106.60000

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Normalidade dos dados (alfa = 5%)

Teste (Estatística)	Valor	p-valor	Normal
Shapiro-Wilk (W)	0.91838	0.00261	Não

```
=====
ASSISTAT Versão 7.7 pt (2016) - Homepage http://www.assistat.com
Por Francisco de A. S. e Silva - UFCG-Brasil - Atualiz. 01/08/2016
=====
Arquivo TEST_DENSIDADE.txt Data 04/08/2016 Hora 20:03:01
```

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO

QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	3	27505.57196	9168.52399	39.3463 **
Resíduo	44	10252.93763	233.02131	
Total	47	37758.50959		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

GL	GLR	F-crit	F	p
3	44	4.2617	39.3463	<.0001

MÉDIAS E MEDIDAS

Médias de tratamento

1	790.45580	a
2	757.79250	b
3	741.14580	c
4	726.00750	c
dms =	16.64106	

MG = 753.85042

CV% = 2.02

Ponto médio = 757.89000

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Normalidade dos dados (alfa = 5%)

Teste (Estatística)	Valor	p-valor	Normal
Shapiro-Wilk (W)	0.98374	0.73857	Sim

=====

ASSISTAT Versão 7.7 pt (2016) - Homepage <http://www.assistat.com>
 Por Francisco de A. S. e Silva - UFCG-Brasil - Atualiz. 01/08/2016

=====

Arquivo TESTE_PERFIL_DENSIDADE_MÉDIA.txt
 Data 09/08/2016 Hora 16:09:16

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO

QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	3	2900.59771	966.86590	1.2921 ns
Resíduo	44	32924.71324	748.28894	
Total	47	35825.31095		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)
 * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)
 ns não significativo ($p \geq .05$)

GL	GLR	F-crit	F	p
3	44	2.8167	1.2921	0.289

MÉDIAS E MEDIDAS

Médias de tratamento

1	762.27250 a
2	758.29500 a
3	760.47580 a
4	742.69250 a
dms =	29.82070

MG = 755.93396

Ponto médio = 761.04000

CV% = 3.62

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Normalidade dos dados (alfa = 5%)

Teste (Estatística)	Valor	p-valor	Normal
Shapiro-Wilk (W)	0.98678	0.85979	Sim

```

=====
ASSISTAT Versão 7.7 pt (2016) - Homepage http://www.assistat.com
Por Francisco de A. S. e Silva - UFCG-Brasil - Atualiz. 01/08/2016
=====
Arquivo TEST_PERFIL MÁXIMA ESQUERDA.txt
Data 09/08/2016 Hora 16:14:04

```

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO

QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	3	1106.28916	368.76305	0.2614 ns
Resíduo	44	62071.38399	1410.71327	
Total	47	63177.67315		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)
 * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)
 ns não significativo ($p \geq .05$)

GL	GLR	F-crit	F	p
3	44	0.071	0.2614	0.8528

MÉDIAS E MEDIDAS

Médias de tratamento

1	1038.09200 a
2	1027.85300 a
3	1040.67700 a
4	1036.06900 a

dms = 40.94516

MG = 1035.67271

CV% = 3.63

Ponto médio = 1035.93000

As médias seguidas pela mesma letra não diferem
 estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste
 de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Normalidade dos dados (alfa = 5%)

Teste (Estatística)	Valor	p-valor	Normal
Shapiro-Wilk (W)	0.98734	0.87934	Sim

```
=====
ASSISTAT Versão 7.7 pt (2016) - Homepage http://www.assistat.com
Por Francisco de A. S. e Silva - UFCG-Brasil - Atualiz. 01/08/2016
=====
Arquivo TEST_PERFIL_MÁXIMA_DIREITA.txt
Data 09/08/2016 Hora 16:20:39
```

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO

QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	3	1112.96377	370.98792	0.4306 ns
Resíduo	44	37907.05280	861.52393	
Total	47	39020.01657		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

GL	GLR	F-crit	F	p
3	44	0.071	0.4306	0.7321

MÉDIAS E MEDIDAS

Médias de tratamento

1	1030.63700 a
2	1040.10800 a
3	1038.87500 a
4	1029.26300 a

dms = 31.99756

MG = 1034.72083

CV% = 2.84

Ponto médio = 1033.18500

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Normalidade dos dados (alfa = 5%)

Teste (Estatística)	Valor	p-valor	Normal
Shapiro-Wilk (W)	0.98675	0.85877	Sim

=====

ASSISTAT Versão 7.7 pt (2016) - Homepage <http://www.assistat.com>
 Por Francisco de A. S. e Silva - UFCG-Brasil - Atualiz. 01/08/2016

=====

Arquivo TEST_PERFIL_DENSIDADE_MÍNIMA.txt
 Data 09/08/2016 Hora 16:23:54

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO

QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	3	9286.25404	3095.41801	1.1420 ns
Resíduo	44	119259.03388	2710.43259	
Total	47	128545.28793		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)
 * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)
 ns não significativo ($p \geq .05$)

GL	GLR	F-crit	F	p
3	44	2.8167	1.142	0.3427

MÉDIAS E MEDIDAS

Médias de tratamento

1	635.69670 a
2	621.12250 a
3	648.32500 a
4	611.86080 a
dms =	56.75478

MG = 629.25125

Ponto médio = 625.21500

CV% = 8.27

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Normalidade dos dados (alfa = 5%)

Teste (Estatística)	Valor	p-valor	Normal
Shapiro-Wilk (W)	0.98116	0.62778	Sim