



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 MDF ADITIVADOS COM ADESIVO A BASE DE
LÁTEX NATURAL CENTRIFUGADO**

Bauru, SP
Setembro - 2019

RAFAEL AUGUSTO PINHOLATI EUGÊNIO

**PAINÉIS DE MDF ADITIVADOS COM ADESIVO A BASE DE
LÁTEX NATURAL CENTRIFUGADO**

Tese 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 Doutor em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. Ivaldo De Domenico Valarelli

Bauru, SP
Setembro - 2019

Eugênio, Rafael Augusto Pinholati.

Painéis de MDF aditivados com adesivo a base de látex natural centrifugado / Rafael Augusto Pinholati Eugênio, 2019

173 f: il.

Orientador: Ivaldo De Domenico Valarelli

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

1. Painéis de fibra. 2. Uréia-formaldeído.
3. Emissão de formol. 4. Perfil de densidade.
I. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia. II. Título.

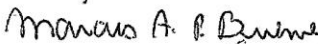
ATA DA DEFESA PÚBLICA DA TESE DE DOUTORADO DE RAFAEL AUGUSTO PINHOLATI EUGENIO, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA, DA FACULDADE DE ENGENHARIA - CÂMPUS DE BAURU.

Aos 16 dias do mês de agosto do ano de 2019, às 13:30 horas, no(a) Anfiteatro da Seção Técnica de Pós-graduação da FEB, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Prof. Dr. IVALDO DE DOMENICO VALARELLI - Orientador(a) do(a) Departamento de Engenharia Mecânica / Faculdade de Engenharia de Bauru - UNESP, Dr. MARCUS ANTONIO PEREIRA BUENO do(a) Engenharia / FATEC / Jaú, Prof. Dr. GILBERTO DE MAGALHÃES BENTO GONÇALVES do(a) Departamento de Engenharia Mecânica / Faculdade de Engenharia de Bauru, Prof. Dr. EDUARDO CARLOS BIANCHI do(a) Departamento de Engenharia Mecânica / Faculdade de Engenharia de Bauru - UNESP, Prof. Dr. ALEXANDRE JORGE DUARTE DE SOUZA do(a) Departamento de Engenharia Industrial Madeireira / Campus Experimental de Itapeva - UNESP, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da TESE DE DOUTORADO de RAFAEL AUGUSTO PINHOLATI EUGENIO, intitulada **PAINÉIS DE MEDIUM DENSITY FIBERBOARD ADITIVADOS COM ADESIVO A BASE DE LÁTEX NATURAL CENTRIFUGADO**. 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



Dr. MARCUS ANTONIO PEREIRA BUENO



Prof. Dr. GILBERTO DE MAGALHÃES BENTO GONÇALVES



Prof. Dr. EDUARDO CARLOS BIANCHI



Prof. Dr. ALEXANDRE JORGE DUARTE DE SOUZA



PROPOSTA DE ALTERAÇÃO DO TÍTULO

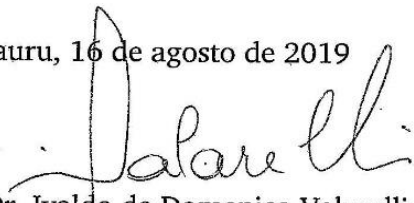
A BANCA EXAMINADORA PROPÕE A ALTERAÇÃO DO TÍTULO DO TRABALHO DO ALUNO: RAFAEL AUGUSTO PINHOLATI EUGENIO

DE: "PAINÉIS DE MEDIUM DENSITY FIBERBOARD ADITIVADOS COM ADESIVO A BASE DE LÁTEX NATURAL CENTRIFUGADO"

PARA:

PAINÉIS DE MDF ADITIVADOS COM
ADESIVO A BASE DE LÁTEX NATURAL
CENTRIFUGADO

Bauru, 16 de agosto de 2019


Prof. Dr. Ivaldo de Domenico Valarelli
Orientador

Dedico este trabalho a minha família, minha esposa Noemi Vieira, meu filho Arthur Augusto Vieira Eugênio, 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 não seria possível concluir esta pesquisa. Ao meu querido e amado filho Arthur, no qual nasceu durante a realização desta pesquisa, e desde o seu nascimento tem me ensinado a valorizar o que temos de mais precioso, a nossa família.

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, Nilton Varoli Netto, Célio Roberto e João Vitor Bergamaschi do Val, 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 MDF ADITIVADOS COM ADESIVO A BASE DE LÁTEX NATURAL CENTRIFUGADO

A pesquisa se deu através na produção de painéis de MDF (*Medium Density Fiberboard*) em escala laboratorial utilizando o adesivo a base de Uréia Formaldeído (UF), aditivado com o adesivo a base de látex natural de seringueira na condição centrifugada, onde foram avaliadas, além das características físicas e mecânicas dos painéis produzidos, também teve como objetivo verificar a emissão de formaldeído para o ambiente, quando aplicado o aditivo látex, e analisar os perfis de densidades ao longo da espessura dos painéis. As amostras foram confeccionadas com fibra de eucalipto, onde a dosagem do adesivo UF foi de 11%, e para efeito de comparação com as amostras produzidas com o aditivo látex, foram fabricadas provas em branco (PB) com somente o adesivo UF, e as demais foram aditivadas com látex seguindo as proporções de 10, 15 e 20%, sobre o teor de sólidos da resina UF, sendo denominados os traços formulados como T1 (PB – 0% látex), T2 (10% látex), T3 (15% látex), e T4 (20% látex), respectivamente. No total foram produzidas 8 amostras, dois painéis de cada traço, e retirados os corpos de prova, que posteriormente foram avaliados conforme a NBR 15316-2 (2015) para as condições secas. Os principais insumos foram fornecidos pelo fabricante de painéis Duratex SA, e os testes foram realizados nos laboratórios da empresa. O aditivo látex mostrou-se bastante promissor, apresentando grande compatibilidade com os demais componentes da formulação, e favorável para fabricação de MDF. Diversos traços conseguiram atender os requisitos da norma, com destaque para o ensaio de avaliação de emissão de formol, no qual o aditivo látex proporcionou a redução na emissão de formol nos painéis, sendo esta uma condição muito satisfatória. Nos ensaios de módulo de ruptura (MOR), módulo de elasticidade (MOE), umidade residual, densidade, na avaliação de espessura e dos perfis de densidades foi constatado que a formulação dos traços com o aditivo látex não impactou de forma expressiva nos resultados, quando comparados com a prova em branco (T1).

PALAVRAS-CHAVE: Painéis de fibras, uréia-formaldeído, emissão de formol, perfil de densidade.

ABSTRACT

MDF PANELS ADDITIVE WITH CENTRIFUGAL NATURAL LATEX BASED ADHESIVE

The research was done through the production of MDF (Medium Density Fiberboard) panels in laboratory scale using the Formaldehyde Urea based adhesive, added with the natural rubber latex based adhesive in the centrifuged condition, where they were evaluated. Besides the physical and mechanical characteristics of the panels produced, the objective was also to verify the formaldehyde emission to the environment, when the latex additive was applied, and to analyze the density profiles along the thickness of the panels. The samples were made with eucalyptus fiber, where the dosage of the UF adhesive was 11%, and for comparison with the samples produced with the latex additive, blank tests (PB) were made with only the UF adhesive, and the others were added with latex following the proportions of 10, 15 and 20%, on the solids content of the resin UF, being denominated the traces formulated as T1 (PB - 0% latex), T2 (10% latex), T3 (15 % latex), and T4 (20% latex), respectively. In total 8 samples were produced, two panels of each trait, and the specimens removed, which were later evaluated according to NBR 15316-2 (2015) for dry conditions. The main inputs were supplied by panel manufacturer Duratex SA, and the tests were performed at the company's laboratories. The latex additive was very promising, showing great compatibility with the other components of the formulation, and favorable for the manufacture of MDF. Several features were able to meet the requirements of the standard, especially the formaldehyde emission evaluation test, in which the latex additive provided a reduction in formaldehyde emission in the panels, which is a very satisfactory condition. In the modulus of rupture modulus (MOR), modulus of elasticity (MOE), residual moisture, density, in the evaluation of thickness and density profiles it was found that the formulation of the traces with the latex additive did not significantly impact the results. when compared with the blank test (T1).

KEYWORDS: Fiber panels, urea formaldehyde, formaldehyde emission, density profile.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRAF	Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas
ABIMCI	Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente
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
HDF	High Density Fiberboard
IBÁ	Indústria Brasileira de Árvores
IBDF	Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal
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
MF	Melamina-Formaldeído
MUF	Resina Melamina-Uréia-Formaldeído
RUF	Resina Uréia-Formaldeído
SDF	Super Density Fiberboard
UF	Uréia-Formaldeído
UNESP	Universidade Estadual Paulista – “JULIO DE MESQUITA FILHO”
ZnO	Óxido de Zinco

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 de árvores plantadas em 2015 e 2016.....	23
Figura 2. Área de árvores plantadas em 2016 no Brasil por estado e por gênero	24
Figura 3. Ilustra a distribuição da área com plantios de eucalipto por estado	24
Figura 4. Produtividade e rotação média no Brasil versus outros importantes <i>players</i> Mundiais.....	25
Figura 5. Cadeia produtiva do setor florestal	26
Figura 6. Distribuição geográfica das principais unidades produtoras de painéis de madeira Reconstituída.....	28
Figura 7. Indicadores do segmento de painéis de madeira reconstituída.....	28
Figura 8. Classificação dos painéis de madeira, descrevendo seus usos e principais aplicações.....	30
Figura 9. Capacidade instalada de produção de painéis de madeira reconstituída no Brasil em 2008	31
Figura 10. Evolução da participação de cada tipo de painel no consumo mundial	32
Figura 11. Fluxograma da produção de painéis MDF em linha de produção industrial	35
Figura 12. Processo de produção de MDF (BNDES 2009).....	36
Figura 13. Estrutura de Custo dos painéis de madeira reconstituída MDP e MDF	37
Figura 14. Reator empregado na produção de resinas à base de ureia-formaldeído.....	40
Figura 15. Fibra de eucalipto seca estufa.....	47
Figura 16. Estufa com circulação mecânica (A) e medidor de umidade (B).....	51
Figura 17. 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).....	51
Figura 18. Dispositivo pneumático de pré-prensagem (A), acondicionamento de forma uniforme no dispositivo da pré-prensa (B), e a pré-prensagem pelo cilindro pneumático (C)	52
Figura 19. Colchão de fibras encoladas pré-prensado.....	53

Figura 20. Colchão de fibras encoladas sendo posicionado na prensa.....	53
Figura 21. Ciclo de prensagem dos painéis.....	55
Figura 22. Fluxograma da produção de painéis MDF em condições de laboratório.....	55
Figura 23. Parte dos corpos de prova de MDF fabricados para testes exploratórios.....	56
Figura 24. Plano de corte dos corpos de prova conforme NBR 15316-2.....	57
Figura 25. Aumento da deflexão para cálculo de MOE.....	62
Figura 26. Ilustração da ranhura anelar na superfície a ser testada.....	63
Figura 27. Corpo de prova colado no suporte e ambos acoplados na máquina de ensaios	64
Figura 28. Corpos de prova colados entre os dois blocos metálicos em lados opostos.....	65
Figura 29. Dispositivo com o corpo de prova colado, acoplado na máquina universal de testes.....	66
Figura 30. Dispositivos para realização do ensaio de emissão de formol pelo método Perforator.....	67
Figura 31 Equipamento utilizado na realização do ensaio de análise dos perfis de densidade	69
Figura 32. Resultados finais dos painéis na avaliação de densidade.....	70
Figura 33. Resultados dos ensaios na avaliação de módulo de ruptura (MOR).....	72
Figura 34. Resultados dos ensaios na avaliação de módulo de elasticidade (MOE).....	74
Figura 35. Resultados dos ensaios na avaliação de tração perpendicular.....	75
Figura 36. Resultados dos ensaios na avaliação de tração superficial.....	77
Figura 37. Resultados dos ensaios na avaliação de umidade.....	79
Figura 38. Resultados dos ensaios na avaliação de inchamento em espessura 24hs.....	81
Figura 39. Resultados finais dos ensaios de avaliação de absorção de água.....	82
Figura 40. Resultados dos ensaios de avaliação do teor de formol.....	85
Figura 41. Resultados dos ensaios de avaliação de perfil de densidade.....	87
Figura 42. Resultado do ensaio de perfil de densidade para uma amostra do traço T2....	88

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Formulação dos traços para cada painel desenvolvido.....	50
Tabela 2. Resultados consolidados dos ensaios físicos e mecânicos.....	84

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1. Massa sólida do componente.....	49
Equação 2. Massa total líquida a ser aplicada.....	49
Equação 3. Massa sólida de látex.....	49
Equação 4. Massa total líquida de látex.....	49
Equação 5. Densidade do painel.....	58
Equação 6. Determinação do inchamento em espessura 24hs.....	59
Equação 7. Determinação da absorção de água 24hs.....	60
Equação 8. Determinação do teor de umidade.....	60
Equação 9. Determinação do MOR.....	61
Equação 10. Determinação do MOE.....	62
Equação 11. Determinação da tração superficial.....	64
Equação 12. Determinação da tração superficial simplificada.....	64
Equação 13. Determinação da tração perpendicular.....	66

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	18
2. OBJETIVO.....	20
2.1. Objetivo geral.....	20
2.2. Objetivos específicos.....	20
2.3. Justificativa da Pesquisa.....	20
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	22
3.1. Eucalipto.....	22
3.2. Painéis de Madeira Reconstituída (PMR).....	26
3.3. O MDF (Medium Density Fiberboard).....	29
3.4. Processo de produção do MDF.....	33
3.5. Adesivos e resinas.....	36
3.5.1. Classificação dos Adesivos.....	38
3.5.2. Resina Ureia-Formaldeído (RUF).....	39
3.5.3. Látex natural de seringueira centrifugado.....	41
3.5.4. Aditivos químicos.....	42
3.6. Pesquisas realizadas sobre painéis de madeiras reconstituídas.....	43
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	45
4.1. Materiais utilizados.....	45
4.1.1. Equipamentos utilizados.....	45
4.2. Metodologia.....	46
4.2.1. Insumos e equipamentos utilizados.....	46
4.2.2. Resina uréia-formaldeído (UF), emulsão de parafina líquida e adesivo látex Centrifugado.....	46
4.2.3. Fibra de Eucalipto.....	46
4.2.4. Formulação dos painéis.....	47
4.2.5. Fabricação dos Painéis.....	50
4.3. Ensaio Físicos.....	57
4.3.1. Determinação da Densidade.....	58
4.3.2. Determinação do Inchamento em espessura e Absorção de água (24hs).....	59
4.3.3. Determinação do teor de umidade residual.....	60
4.4. Ensaio mecânicos.....	61

4.4.1. Determinação da Resistência a Flexão e Módulo de Elasticidade.....	61
4.4.2. Determinação da Tração Superficial.....	63
4.4.3. Determinação da Tração Perpendicular.....	65
4.5. Determinação do Teor de Formol pelo Método Perforator.....	66
4.6. Análise de Perfil de Densidade.....	68
4.7. Análise Estatística.....	69
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	70
5.1. Ensaio de densidade.....	70
5.2. Resistência à flexão estática (módulo de ruptura e módulo de elasticidade)	72
5.3. Tração perpendicular.....	75
5.4. Tração superficial.....	77
5.5. Ensaio de teor de umidade.....	79
5.6. Ensaio de inchamento em espessura 24hs.....	80
5.7. Ensaio de absorção de água 24hs.....	82
5.8. Avaliação do teor de formol (Método Perforator).....	85
5.9. Avaliação do perfil de densidades.....	87
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	90
7. SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS.....	92
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	93
APÊNDICE A – Planilhas dos resultados individuais dos ensaios.....	98
APÊNDICE B – Relatórios dos resultados dos ensaios.....	101
APÊNDICE C – Relatórios das análises estatísticas.....	101

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos maiores produtores de painéis de madeira reconstituída (PMR) no mundo, ocupando a oitava posição no *ranking* mundial, com uma produção de 7,9 milhões de metros cúbicos (m³) no ano de 2018 (IBÁ, 2018). De acordo com o relatório publicado pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social – BNDES (2014), intitulado “Panorama de Mercado: Painéis de Madeira”, o setor de painéis de madeira brasileiro apresenta grande dinamismo, reflexo da incomparável competitividade e qualidade do setor florestal brasileiro, e da ampla aceitação do produto nacional no mercado doméstico.

Parte deste sucesso industrial, deve-se ao alto índice de produtividade das florestas plantadas no Brasil, em especial a espécie eucalipto. Com base no relatório publicado pela Indústria Brasileira de Árvores – IBÁ (2018), o Brasil apresenta 7,84 milhões de hectares de florestas plantadas, sendo 5,8 milhões de hectares de florestas certificadas, onde 6% do volume total são destinados a industrialização de painéis de madeira reconstituídas, entre eles o MDF (*Médium Density Fiberboard*).

A Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente – ABIMCI (2009), através do seu relatório setorial, destaca que o setor florestal brasileiro contribui com uma parcela importante para a economia brasileira, gerando produtos para consumo direto ou para exportação, criando impostos e empregos para a população e, ainda, atuando na conservação e preservação dos recursos naturais.

A alta produtividade das florestas plantadas no Brasil é justificada pela ABIMCI (2009) pelos seguintes aspectos: clima e solo propícios; investimentos em pesquisa e desenvolvimento; setor privado organizado; mão de obra altamente qualificada; desenvolvimento genético; desenvolvimento em biotecnologia; matéria-prima de alta qualidade; planejamento socioambiental; manejo florestal realizado de forma correta; rotação de áreas plantadas.

A Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura – FAO (2000) através do seu relatório intitulado “*Estado Actual de La Informacion Sobre Productos Forestales*” destaca que o parque industrial de chapas de fibra data da década de 60 e as unidades vem sendo modernizadas, sendo que o MDF, com um parque industrial ultramoderno, vem ocupando o mercado de madeira sólida e mesmo de outros painéis reconstituídos, principalmente na indústria moveleira.

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 (EUGÊNIO, 2016).

O crescimento na produção de painéis de madeira reconstituída gera proporcionalmente um crescimento das indústrias fornecedoras de matéria-prima, de tal forma que a produção de resina ureia-formaldeído (RUF), como sendo o adesivo mais utilizado por este seguimento, obrigatoriamente deverá também apresentar taxa de crescimento semelhante (KATSUKAKE, 2009).

Em relação ao MDF, a madeira utilizada na fabricação dos painéis não é considerada um problema para as questões ambientais, por se tratar de materiais vindos 100% de reflorestamento, porém em relação ao adesivo aplicado, além de buscar novas fontes destes insumos, deve-se desenvolver novos componentes para neutralizar seus efeitos indesejados (EUGÊNIO, 2016). Katsukake (2009), descreve que atualmente a resina ureia-formaldeído (UF) 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.

O trabalho vem de forma inédita de encontro com a necessidade de desenvolvimento de novos aditivos que busquem agregar o viés sustentável do setor, empregando matérias-primas ecologicamente corretas, proveniente de fontes sustentáveis, que é o caso do látex natural centrifugado, trazendo de forma inédita resultados confiáveis que ajudem o setor a seguir com o desenvolvimento do presente trabalho em escala industrial.

A necessidade da redução de formol neste seguimento tem sido um dos grandes motivadores de desenvolvimentos de novos painéis, principalmente pela imposição de normas americanas e europeias que exigem cada vez mais emissões de formol reduzidas, próximas as emitidas naturalmente pela madeira *in natura*. O presente trabalho também visa, de forma inédita, esta redução através da aplicação do aditivo a base de látex natural centrifugado.

2. OBJETIVO

Neste item são destacados os objetivos da pesquisa.

2.1. Objetivo geral

O presente trabalho teve como objetivo principal o desenvolvimento e avaliação de painéis de MDF composto por fibras de madeira de reflorestamento da espécie eucalipto, utilizando o adesivo comumente aplicado pela indústria de painéis (ureia-formaldeído), acrescentando na forma de aditivo, o adesivo a base de látex natural de seringueira na condição centrifugada.

2.2. Objetivos específicos

- Avaliar a compatibilidade entre os materiais aplicados na produção dos painéis, principalmente entre os adesivos (UF e látex);
- 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.
- Avaliação dos perfis de densidade ao longo da espessura dos painéis.

2.3. Justificativa da pesquisa

Os fabricantes de MDF apresentam parques industriais de altíssima tecnologia, e investem grandes investimentos em novas pesquisas, porém, o desenvolvimento econômico destas indústrias ainda são pautadas pela redução de custo e aumento de produtividade. Nem sempre são levados em considerações aplicações que visem o desenvolvimento de novos insumos, principalmente os de origem vegetal. A justificativa principal deste trabalho é buscar de forma inédita uma nova fonte de matéria-prima de base vegetal, que possa colaborar com os grandes sucessos já conquistados como, por exemplo, o adesivo largamente utilizado a base de ureia-formaldeído, buscando reduzir a emissão de formaldeído de forma que agregue valor ao

produto e apresente um enfoque ecológico, sem interferir de forma negativa nos aspectos físicos e mecânicos dos painéis.

Belini *et al.* (2010) destaca que a confiabilidade dos resultados das análises dos painéis MDF, confeccionados em laboratório, é importante não somente na rotina de controle de qualidade na linha de produção industrial, mas no desenvolvimento de novos produtos e metodologias e da elaboração de artigos científicos com resultados confiáveis, direcionados para o setor florestal-industrial, e para a comunidade científica.

A presente pesquisa também busca fornecer dados e resultados que apresentem confiabilidade para os produtores de MDF no Brasil. O trabalho tenta mostrar de forma clara e simples, os principais requisitos que são necessários para a indústria do setor, sendo elaborado dentro de parâmetros que busquem aproximar ao máximo os processos laboratoriais aos processos industriais.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica foi constituída através da abordagem dos principais tópicos que deram origem ao desenvolvimento da pesquisa, como os painéis de MDF, a madeira de eucalipto, o adesivo aplicado como aditivo, o látex centrifugado, 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

Na década de 50, como afirma Barrichelo (1995), começou-se a cogitar sobre o uso do eucalipto como matéria-prima para produção de celulose e chapas. Nessa época, a atividade florestal brasileira passou a mostrar contornos mais definidos e a exigir estudos visando a aumentar a produtividade e a melhorar a qualidade da matéria-prima.

O autor Viana (2004) relata que até o princípio do século XX, o eucalipto foi plantado apenas como árvore decorativa, como quebra-ventos, pelo seu extraordinário desenvolvimento ou por supostas propriedades sanitárias. A introdução da cultura econômica do eucalipto teve início pela Companhia Paulista de Estradas de Ferro, para ser usado como dormentes, postes e lenha, e decorreu, principalmente, do trabalho realizado pelo grande silvicultor brasileiro Edmundo Navarro de Andrade. De 1909 a 1966, haviam sido plantados somente 470.000 hectares de eucaliptos em todo o Brasil, sendo 80% dessa área situada no Estado de São Paulo.

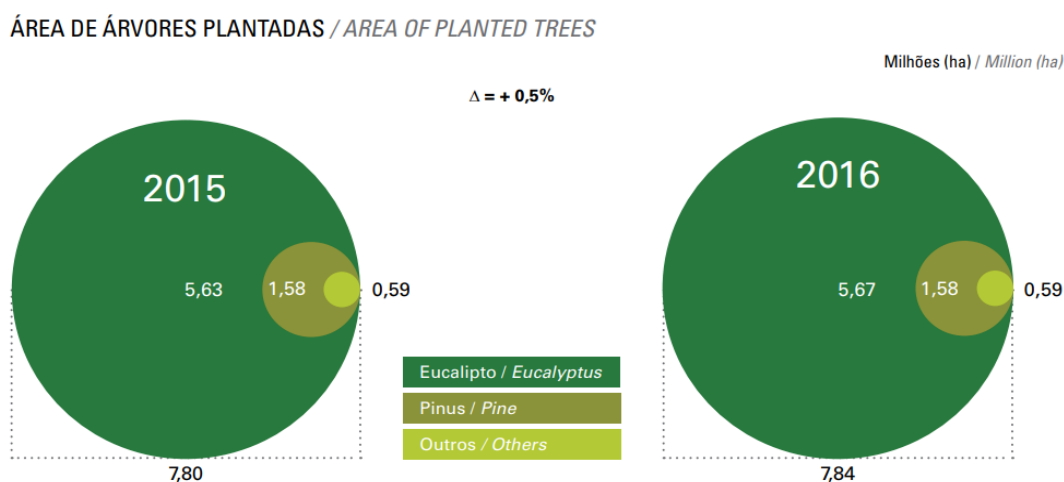
O reflorestamento em larga escala no Brasil iniciou-se apenas na década de 60 do século passado, quando foi sancionada a Lei nº 5.106, de 1966, com os incentivos fiscais recolhidos ao Fundo de Investimento Setorial – Fiset Reflorestamento, e aplicados mediante a aprovação de projetos apresentados ao então Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal – IBDF. A partir daí, a área plantada – em sua grande maioria, com espécies dos gênero *Eucalyptus* – chegou a atingir, em 1983, 5,3 milhões de hectares, tendo sido empregados cerca de US\$ 2,7 bilhões, resultando na geração de 400 mil empregos diretos. Os Estados que mais usufruíram desses recursos foram Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Rio Grande do Sul e Mato Grosso do Sul (VIANA, 2009).

A estratégia para aumentar a oferta de madeira e outros produtos florestais, diminuindo a pressão sobre as florestas nativas é a formação de povoamentos florestais com espécies de crescimento rápido, como as do gênero *Eucalyptus*. As espécies desse gênero crescem

satisfatoriamente na diversidade de condições edafoclimáticas existentes em diferentes regiões do país e apresentam ampla plasticidade de uso da madeira (STURION & BELLOTE, 2000; MARTINEZ ET AL., 2012).

De acordo com dados do IBÁ (2018), a área total de árvores plantadas no Brasil totalizou 7,84 milhões de hectares em 2016, crescimento de 0,5% em relação ao ano de 2015, devido exclusivamente ao aumento das áreas com eucalipto, conforme descrito através da Figura 1.

Figura 1. Área de árvores plantadas em 2015 e 2016

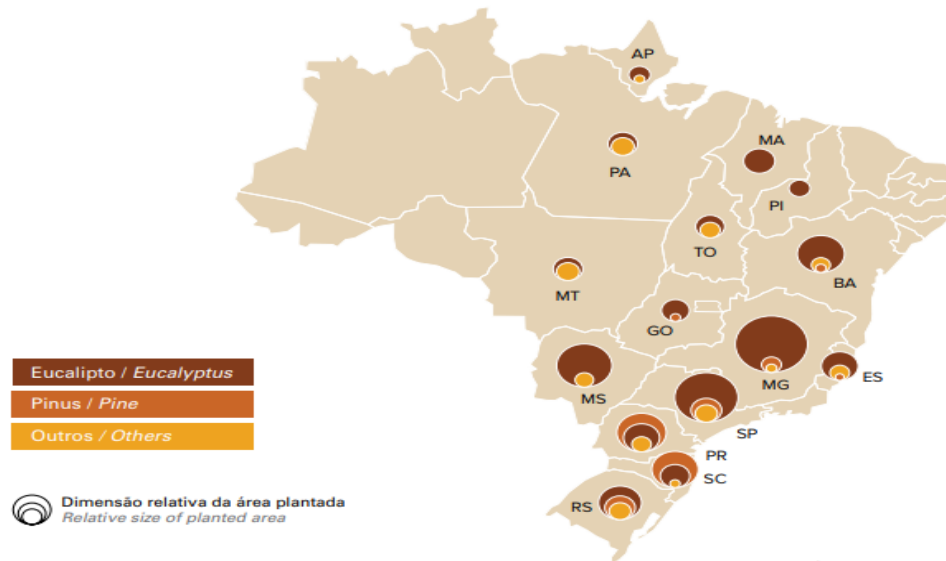


Fonte: IBÁ (2017)

Nos últimos cinco anos, o crescimento da área de eucalipto foi de 2,4% a.a. O estado que lidera esta expansão é Mato Grosso do Sul (MS), registrando aumento de 400 mil hectares neste período, com uma taxa média de crescimento de 13% a.a, justificada em parte pelo incremento do parque industrial de produtores de painéis de madeira reconstituída (IBÁ, 2017), entre eles a fabricante Greenplac do grupo Asperbrás, que inaugurou sua planta industrial na cidade de Água Clara em 2018. Na Figura 2 é exibida a distribuição dos gêneros plantados em cada estado.

Figura 2. Área de árvores plantadas em 2016 no Brasil por estado e por gênero

ÁREAS DE ÁRVORES PLANTADAS NO BRASIL POR ESTADO E POR GÊNERO, 2016
AREA OF TREES PLANTED IN BRAZIL BY STATE AND SPECIES (2016)



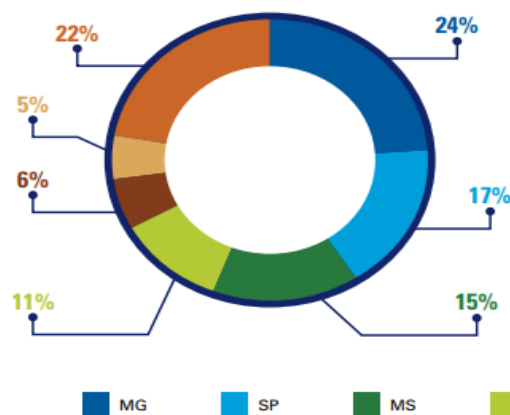
Fonte: IBÁ (2017)

Na figura 3 é ilustrada a distribuição da área com plantios de eucalipto por estado (IBÁ, 2017)

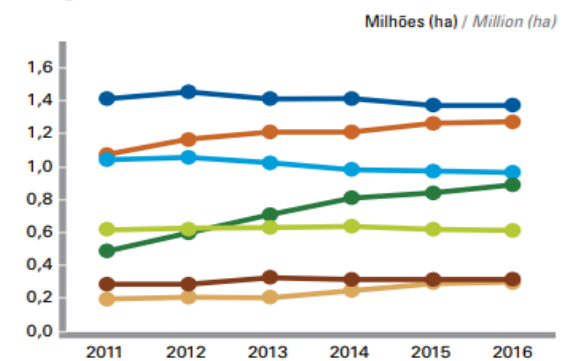
Figura 3. Distribuição e evolução da área com plantios de eucalipto por estado

DISTRIBUIÇÃO E EVOLUÇÃO DA ÁREA COM PLANTIOS DE EUCALIPTO, POR ESTADO*
DISTRIBUTION AND EVOLUTION OF AREA PLANTED WITH EUCALYPTUS, BY STATE*

Distribuição em 2016 / *Distribution in 2016*



Evolução da área, 2011-2016
Change in area, 2011-2016

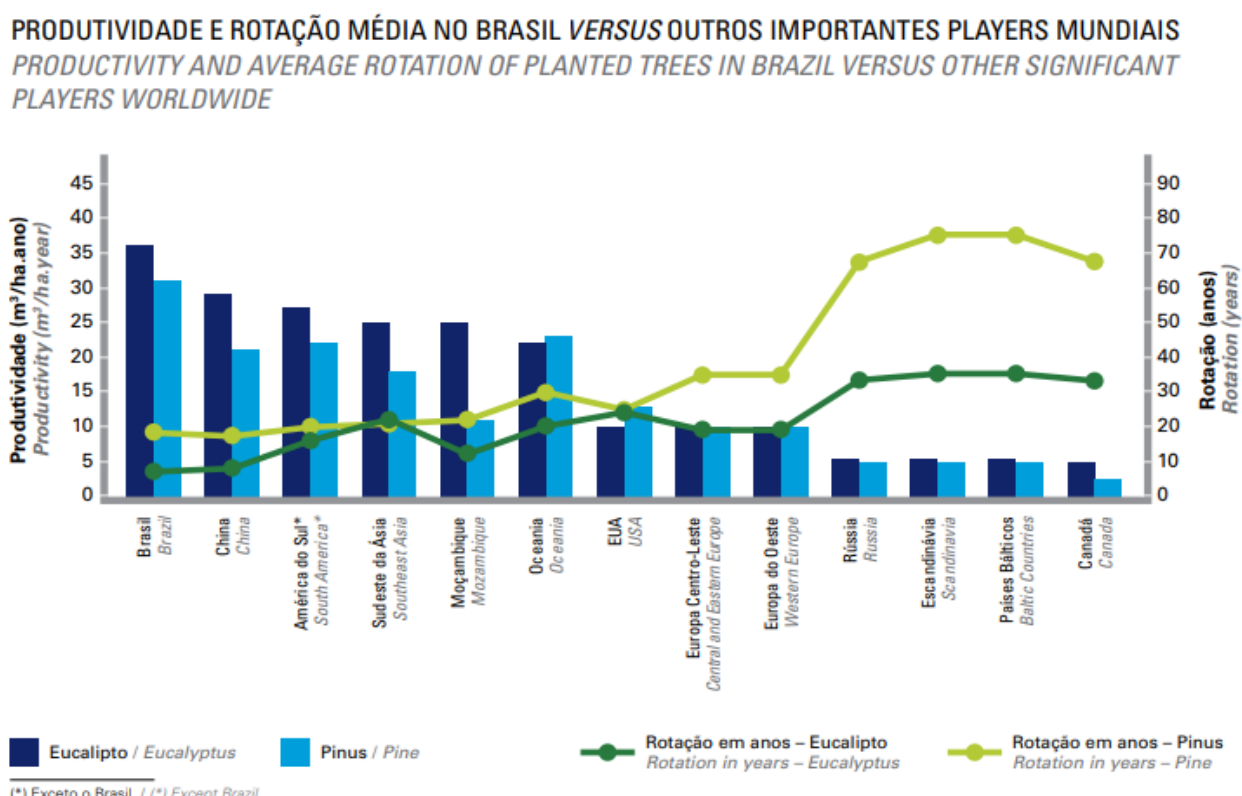


Fonte: IBÁ (2017)

A indústria brasileira de base florestal é mundialmente reconhecida pela alta produtividade de suas áreas plantadas. O setor brasileiro apresenta a maior produtividade, medida em volume de madeira produzida por unidade de área ao ano, e a menor rotação do mundo, que equivale ao tempo decorrido entre o plantio e a colheita das árvores. Esses altos índices resultam tanto das condições de clima e solo, quanto dos investimentos contínuos das empresas do setor no Brasil para aprimorar o manejo florestal.

O relatório anual publicado pelo IBÁ (2017) mostra que o Brasil, liderou o ranking global de produtividade florestal em 2016, com uma média de 35,7 m³/ha ao ano para os plantios de eucalipto e 30,5 m³/ha ao ano nos plantios de pinus, de acordo com as informações reportadas pelas principais empresas do setor. Na Figura 4 confirma-se os dados de produtividade e rotação perante os principais produtores mundiais.

Figura 4. Produtividade e rotação média no Brasil versus outros importantes *players* mundiais



Fonte: IBÁ (2017)

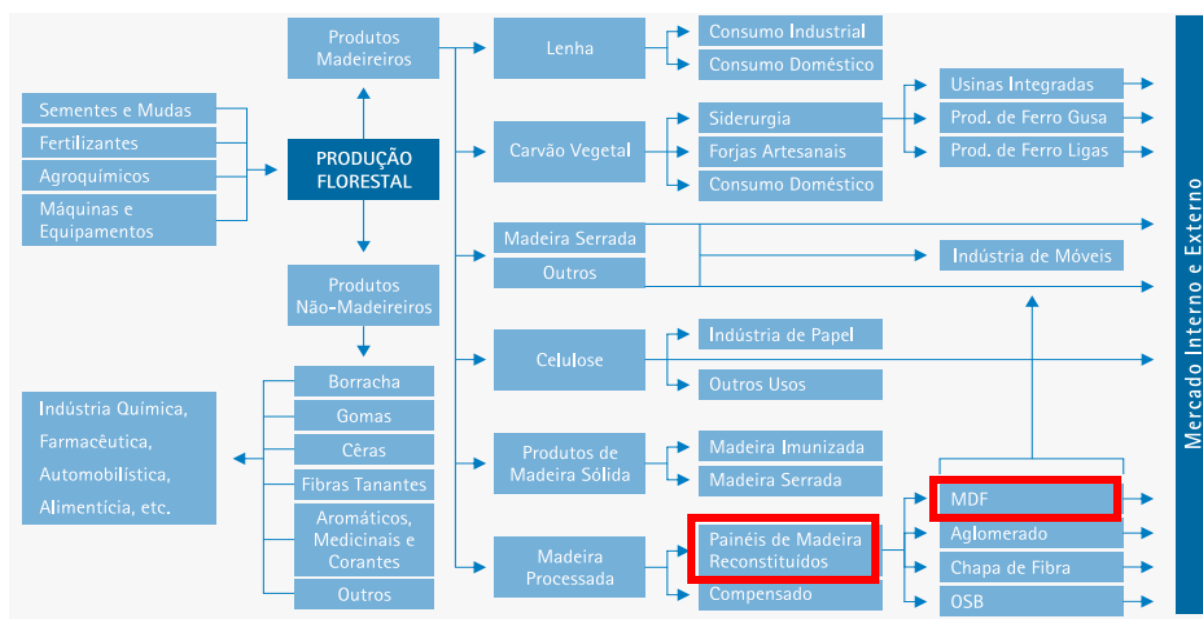
3.2. Painéis de Madeira Reconstituída (PMR)

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. 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 (IWAKIRI, 2005).

Simplificadamente, o relatório publicado pelo BNDES (2014), intitulado “Panorama de Mercado – painéis de madeira”, revela que o processo produtivo dos PMRs se constitui 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. 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.

O setor de painéis de madeira reconstituída (PMR) está inserido dentro do complexo de base florestal, na Figura 5 é ilustrada a cadeia produtiva do setor de acordo com a Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas – ABRAF (2012).

Figura 5. Cadeia produtiva do setor florestal



Fonte: ABRAF (2007).

A Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas – ABRAF (2007) relata que o setor de painéis de madeira no Brasil é o terceiro maior neste segmento, sendo ultrapassado somente pelas indústrias de papel e celulose e siderurgia.

A indústria brasileira de painéis de madeira reconstituída passa atualmente por um período bastante turbulento vivido pela economia. Dentre os acontecimentos que marcaram os últimos anos, destacam-se a recessão do PIB, o recuo nos indicadores econômicos da maioria dos setores, e a maior cotação da moeda norte-americana da história. Porém, alguns resultados obtidos, como a desaceleração da inflação e a redução contínua da taxa de juros, indicam uma possível recuperação da economia para os próximos anos.

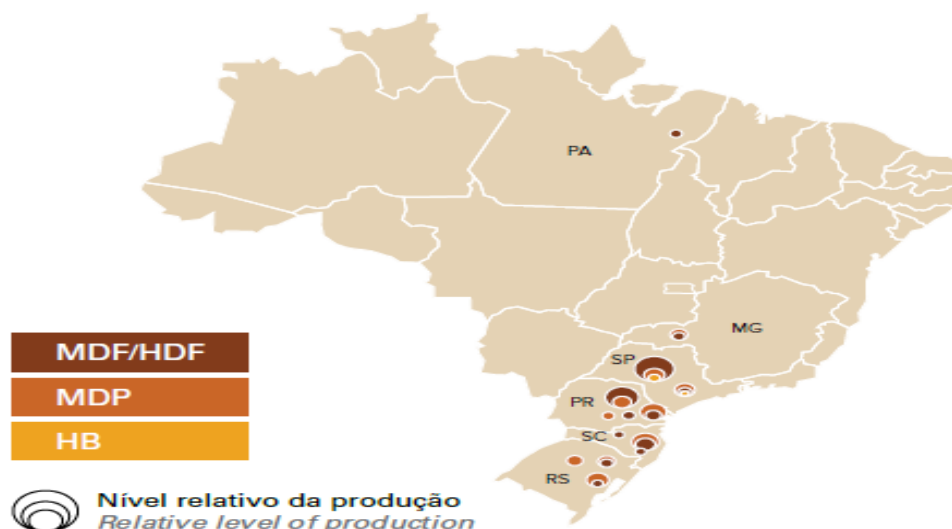
Biazus et al., (2010) destaca que o PMR apresenta maior destaque econômico, uma vez que são produtos de maior valor agregado e procura.

Dados do IBÁ (2017) revelam que somente em 2016, a produção brasileira de painéis de madeira reconstituída registrou redução de 2,4% em relação ao anterior e encerrou o ano com 7,3 milhões de m³ de produzidos. As produções de MDF diminuíram 8,8%, enquanto a produção de MDP (*Medium Density Particleboard*) aumentou 8,9%. Parte dessa retração é justificada pela diminuição do consumo das famílias, que levou à redução da compra de diversos produtos, incluindo móveis, o principal segmento consumidor de painéis de madeira no Brasil. Em 2016, as vendas do setor moveleiro caíram 12,1%, em volume e provocaram o recuo de 2,2% na comercialização de painéis de madeira reconstituída no mercado doméstico. Para compensar a redução no mercado interno, o setor alocou a produção no mercado externo e as exportações atingiram 1,1 milhão de m³, alta de 64,0% em relação a 2015. Já a produção de pisos laminados, produto associado à indústria de painéis, totalizou 11,8 milhões de m² em 2016, o que equivale a uma redução de 7,0% em relação à produção de 2015.

Bom (2008) descreve que a maioria dos defeitos inerentes à anatomia da madeira, como nós, presença de medula, grã desalinhada e tensões de crescimento, podem ser eliminados durante o processo de fabricação dos PMRs obtendo-se um produto com características dependentes apenas das variáveis envolvidas no processo de fabricação.

Na Figura 6 é ilustrada a distribuição geográfica das principais unidades produtoras de painéis de madeira reconstituída.

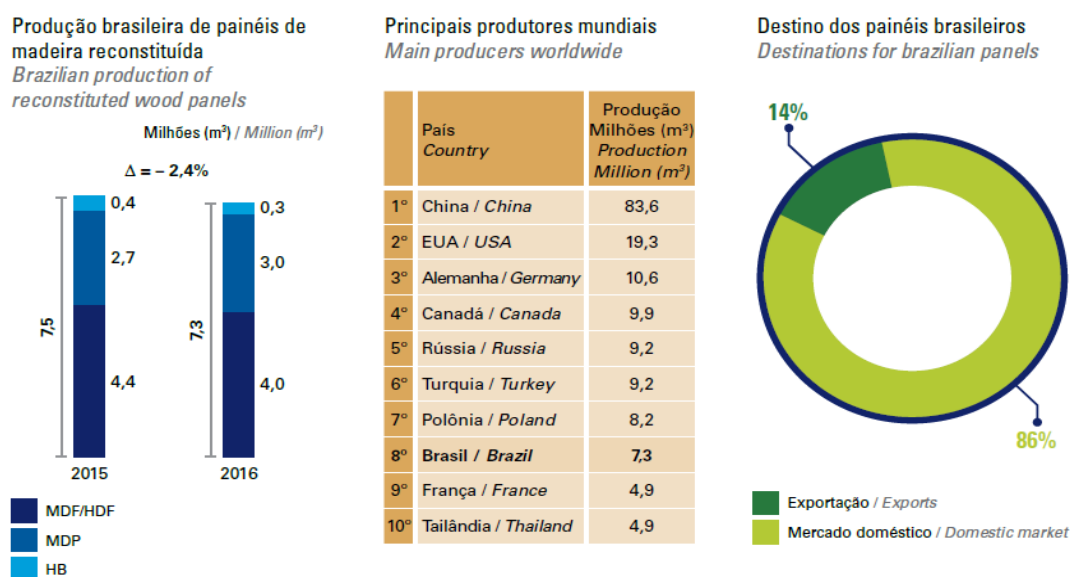
Figura 6. Distribuição geográfica das principais unidades produtoras de painéis de madeira reconstituída



Fonte: IBÁ (2017)

O segmento brasileiro de painéis de madeira ocupou o 8º lugar no ranking mundial dos maiores produtores, mesma posição em relação ao ano passado. Existem no Brasil 18 unidades produtoras de painéis de madeira reconstituída, sendo que a maior parte está localizada nas regiões Sul e Sudeste (IBÁ, 2017). Na Figura 7 são demonstrados os principais indicadores do segmento de painéis de madeira reconstituída.

Figura 7. Principais indicadores do segmento de painéis de madeira reconstituída



Fonte: IBÁ (2017)

3.3. O MDF (*Medium Density Fiberboard*)

A Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT através da norma NBR 15316-1 (2015) define os painéis de MDF como sendo produzidos, basicamente, pela mistura dos elementos fibrosos com adesivo sintético seguida de prensagem sob ação de calor. Nesse segmento da indústria de transformação da madeira do país, observa-se uma crescente tendência da participação da madeira de eucalipto na produção de painéis MDF (BELINI, 2007).

A sua excelente trabalhabilidade no processo de usinagem e de acabamento superficial justifica a alta aceitação dos painéis MDF pelo mercado brasileiro de indústrias de móveis e áreas relacionadas, dentre outras (BELINI *et al.*, 2010; BENADUCE, 1998; BNDES, 2002; IWAKIRI *et al.*, 2005).

Os usos e aplicações dos painéis de madeira estão diretamente associados às propriedades físicas e mecânicas dos mesmos. As restrições técnicas para o uso e a aplicação de diferentes tipos de painéis de madeira envolvem características como resistência, uso interior ou exterior, uniformidade da superfície, tolerância a usinagem, resistência à fixação de parafusos, entre outros. Diferentes tipos de painéis de madeira podem sobrepor tais restrições técnicas.

Os principais usos e aplicações dos painéis de MDF, independentemente de sua classificação, estão associados principalmente ao segmento da construção civil e móveis.

Na realidade, o que diferencia os painéis de madeira são suas propriedades, as quais permitem aplicações diferenciadas na construção civil e indústria moveleira. Na Figura 8 a ABIMCI (2009) apresenta a classificação dos painéis de madeira, descrevendo seus usos e principais aplicações.

Figura 8. Classificação dos painéis de madeira, descrevendo seus usos e principais aplicações

PAINÉIS DE MADEIRA			
PAINÉIS DE MADEIRA MACIÇA	PAINÉIS DE MADEIRA RECONSTITUÍDA		
	Painéis de Partículas	Painéis de Fibra	
Compensado	Aglomerado	MDF	
			
Painel Colado Lateral (EGP)	OSB	Chapa Dura	
			
	MDP	HDF	
	Waferboard		
USOS E APLICAÇÕES			
Construção Civil	Portas, divisórias, paredes, forros, pisos, formas de concreto, telhados, tapumes, barracas, estruturas, andaimes, construções temporária, fechamento de obras e outros	Pisos, paredes, vigas I, escadas, forros, coberturas, tapumes, divisórias, barracões, lambris, portas e outros	Pisos, lambris, batentes, portas, divisórias, janelas, molduras, rodapés, perfis, escadas, forros, pisos, paredes e outros
Móveis	Móveis em geral, laterais de armários, tampos de mesas, fundos de armários e gavetas, assentos e encosto de cadeiras e outros	Estruturas e armações de poltronas, laterais, tampos, prateleiras, portas, mesas, estantes, carteiras escolares, armários de cozinha, divisórias, encostos, assentos, fundos de gavetas/armários, camas e outros	Móveis em geral, encostos, assentos, portas, mesas, estantes, camas, tampos, régua, detalhes, bancadas, fundos de armários e gavetas, encostos e outros
Embalagens	Caixaria em geral, plataformas para pallets, carretéis industriais e outros	Caixaria em geral, plataformas para pallets, carretéis industriais, caixas e gabinetes para a indústria de eletro-eletrônicos, instalações comerciais e industriais, caixas e gabinetes pintados ou revestidos	Carretéis industriais, caixas especiais, caixas e embalagens especiais
Outros	Utensílios, brinquedos, carrocerias, containeres, placas de sinalização, cenários, palcos e outros	Auto-falantes, embalagens em geral, painéis para decoração, stands, brinquedos, placas, painéis, biombo e outros	Assentos sanitários, brinquedos, placas, peças decorativas, peças e componentes para indústria automobilística, eletrônica e outros

Fonte ABIMCI (2009)

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 (MDP). 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 a sua homogeneidade e a 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 a sua resistência mecânica.

De acordo com os dados publicados pelo BNDES (2009), na produção de MDF, eram 2,8 milhões de m³/ano em capacidade instalada no ano de 2008, distribuídos em cinco empresas (Duratex, Arauco do Brasil, Berneck, Fibraplac e Masisa do Brasil). Destacavam-se Duratex e Arauco do Brasil, com 61% do total. A utilização de capacidade instalada estava em 74%, com a adição de maiores capacidades de produção nos últimos anos para esse tipo de painel. Na Figura 9 é representada a capacidade instalada de produção de painéis de madeira reconstituída no Brasil em 2008.

Figura 9. Capacidade instalada de produção de painéis de madeira reconstituída no Brasil em 2008

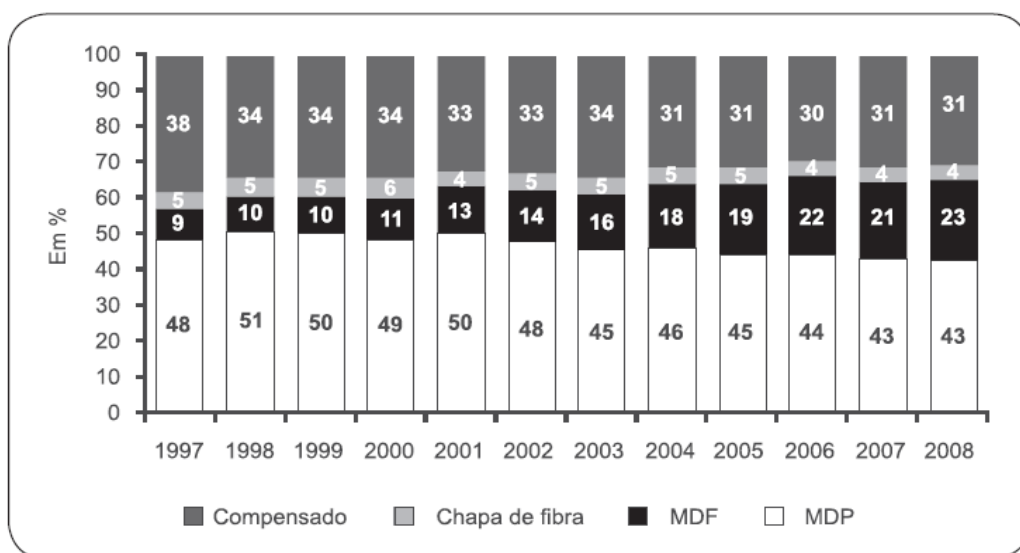
Painéis de madeira	Localização das fábricas	MDP		MDF		Chapa		Total	
		mil m ³	%	mil m ³	%	mil m ³	%	mil m ³	%
Duratex	RS, SP e MG	1.500	48,2	1.000	36,1	360	60,0	2.860	44,1
Arauco do Brasil	PR	590	19,0	680	24,5	-	-	1.270	19,6
Berneck	PR	600	19,3	340	12,3	-	-	940	14,5
Eucatex	SP	360	11,6	-	-	240	40,0	600	9,3
Fibraplac	RS	-	-	450	16,2	-	-	450	6,9
Masisa do Brasil	RS	-	-	300	10,8	-	-	300	4,6
Bonet	SC	60	1,9	-	-	-	-	60	0,9
Total		3.110	100,0	2.770	100,0	600	100,0	6.480	100,0

Fonte: BNDES (2009)

Na evolução do consumo mundial de painéis de madeira, destacam-se o crescimento médio de 5,0% a.a. entre os anos de 1997 e 2008 (1,3 vez o crescimento médio anual do PIB mundial) e o aumento da participação do MDF no total consumido (crescimento médio de 15,7% a.a. no mesmo período), passando de 9%, em 1997, para 23%, em 2008. Os tipos de painel que mais perderam participação para o MDF foram, nesta ordem, os compensados e o MDP (BNDES, 2009).

A Figura 10 é ilustrada a evolução da participação de cada tipo de painel no consumo mundial.

Figura 10. Evolução da participação de cada tipo de painel no consumo mundial



Fonte BNDES (2009)

Também muito utilizado na fabricação de móveis, o MDF leva alguma vantagem sobre o MDP por causa de características mecânicas específicas que o aproximam da madeira maciça, como consistência, boa estabilidade dimensional e grande capacidade de usinagem. Em menor escala, há a aplicação na construção civil, como acessórios de pisos, rodapé e batente, entre outras propriedades desejáveis podem ser adicionadas ao material, como por exemplo, resistência ao fogo e a biodeterioração, expandindo a gama de aplicações do produto.

3.4. Processo de produção do MDF

Resumidamente o MDF é fabricado através da aglutinação de fibras de madeira com resinas sintéticas e outros aditivos. O material é então disposto sob alta temperatura e pressão. Para a obtenção das fibras, a madeira é cortada em pequenos cavacos que, em seguida, são triturados até chegarem em finas partículas (fibras) através dos equipamentos denominados desfibradores.

Produto relativamente recente, foi fabricado pela primeira vez no início dos anos 60 nos Estados Unidos. Em meados da década de 70, chegou à Europa, quando passou a ser produzido na antiga República Democrática Alemã e, posteriormente (1977), foi introduzido na Europa Ocidental através da Espanha. No Brasil, a primeira indústria iniciou sua produção no segundo semestre de 1997 pela empresa Duratex na cidade de Agudos/SP.

De acordo com o *Forest Products Laboratory* (1987), o processo de produção de MDF inclui:

Descascamento - para a obtenção de fibras, o tamanho da tora não influencia, podendo apresentar dimensões mais limitadas.

Fragmentação - após o descascamento, as toras passam por uma operação de fragmentação, onde são gerados cavacos, ou partículas, a partir de picadores.

Classificação dos cavacos - No processo produtivo, não é possível obter cavacos de tamanhos uniformes. Com esta irregularidade dimensional dos cavacos, os maiores são separados por baterias de peneiras, e em seguida, retornam ao picador.

Armazenamento de cavacos - são armazenados em silos com volume equivalente a 24 horas de operação. Como na maioria das vezes os cavacos ficam expostos à atmosfera, antes do processamento é feita uma seleção por peneiras.

Lavagem de cavacos - os cavacos são lavados para retirar a areia (sílica) da madeira, que prejudica a qualidade final do produto;

Tratamento de cavacos - nesta etapa os cavacos são amolecidos para facilitar a operação do desfibrador na formação da polpa, reduzindo seu consumo energético.

Desfibramento - as fibras podem ser obtidas por desfibradores mecânicos ou por meio de técnicas de aumentos de pressão, que é um método menos utilizado.

Mistura de resina - adicionada à resina, o catalisador e, em alguns casos, certos aditivos, e mistura-se a matéria-prima. As resinas mais utilizadas são à base de ureia-formaldeído, melanina-ureia-formaldeído e tanino-formaldeído.

Secagem das fibras - o elevado teor de umidade das fibras acarreta uma série de problemas quando a manta é formada e prensada a quente.

Armazenamento das fibras - o silo de fibras, também chamado de tanque "pulmão", tem a função de acumular um volume adequado de fibras para a formação das mantas (entrelaçamento), sem que ocorra uma provável interrupção em função de distúrbios na linha de fluxo das fibras.

Produção do colchão de fibras - colchão a seco formado a partir de uma suspensão das fibras ao ar. A altura do colchão é delimitada por um cilindro dentado acoplado a um tubo seccionador de fibra excedente.

Seccionamento - o sistema de seccionamento muda conforme o tipo de linha de formação, que é o conjunto de equipamentos cujas operações dão a forma final ao MDF. Quando o processo de secagem é intermitente, a manta é cortada por lâminas circulares não-dentadas e, em seguida, encaminhada às operações de pré-prensagem e prensagem a quente.

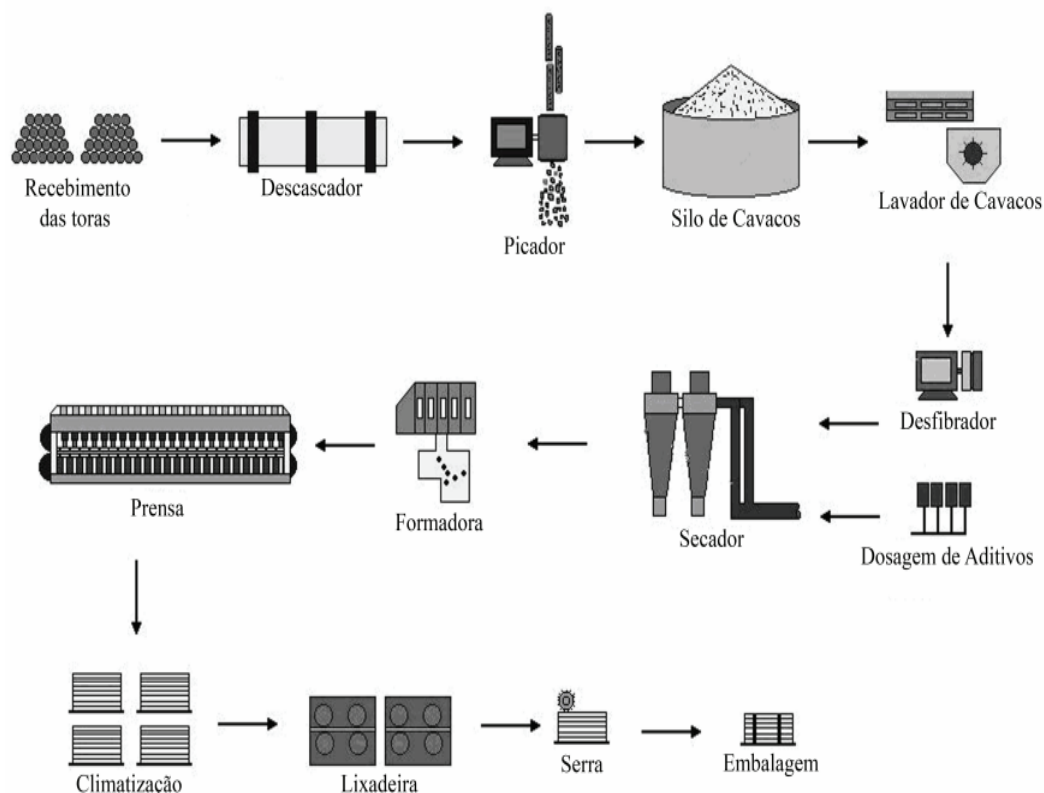
Prensagem - a pré-prensagem evita possíveis desmanchamentos e deslizamentos das fibras da manta durante a prensagem a quente. Para cada sistema de prensagem, existe um tipo de linha de formação.

Resfriamento - é efetuado para evitar variações dimensionais da chapa após o aquecimento. Normalmente, são resfriadas à temperatura ambiente, protegidas das intempéries, onde o tempo depende do tipo de linha de formação utilizada.

Corte, lixamento e revestimento - o corte é feito procurando estabelecer a medidas dos painéis de MDF, conforme padrões estabelecidos. O lixamento está diretamente relacionado à preparação da superfície das chapas para acabamentos.

Belini *et al.* (2010) descreve na Figura 11 o fluxograma de produção de painéis de MDF em escala industrial.

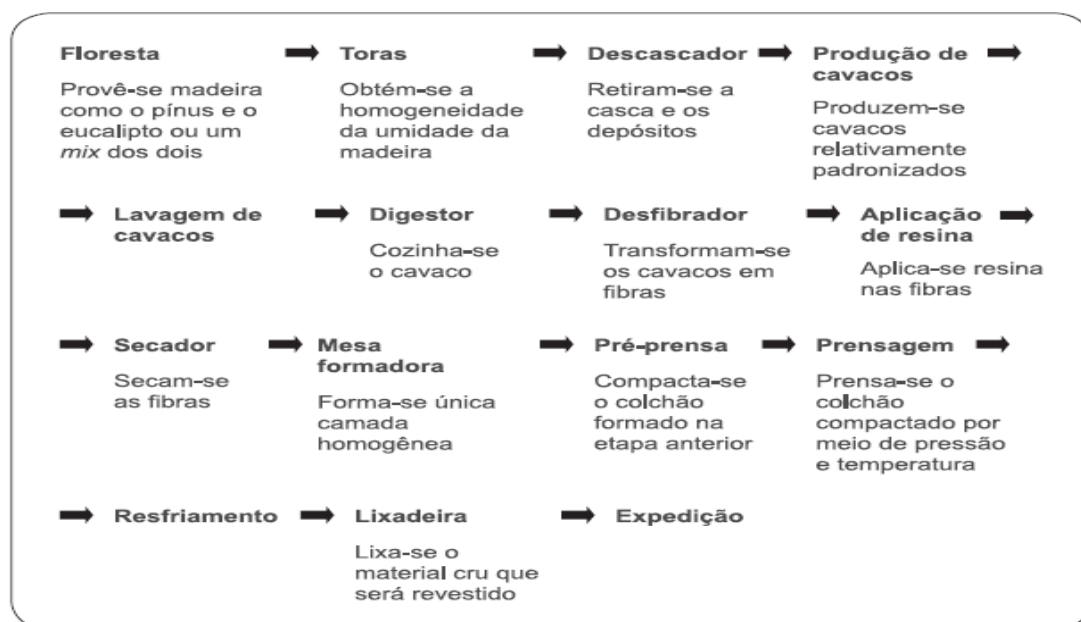
Figura 11. Fluxograma da produção de painéis MDF em linha de produção industrial



Fonte BELINI *et al.* (2010)

Os painéis de MDF podem, ainda, ser comercializados sem revestimento ou revestidos. O revestimento pode ser aplicado em ambas as faces e apresentam-se principalmente em dois diferentes tipos: baixa pressão (BP), que consiste na fundição ao painel de uma folha de papel especial impregnada com resina melamínica pela ação de temperatura e pressão, e *finish foil* (FF), que consiste na colagem de uma película de papel ao painel. De acordo com informações publicadas pelo BNDES (2009), o processo de produção de MDF pode ser exemplificado pela Figura 12.

Figura 12. Processo de produção de MDF



Fonte: BNDES (2009)

3.5. Adesivos e resinas

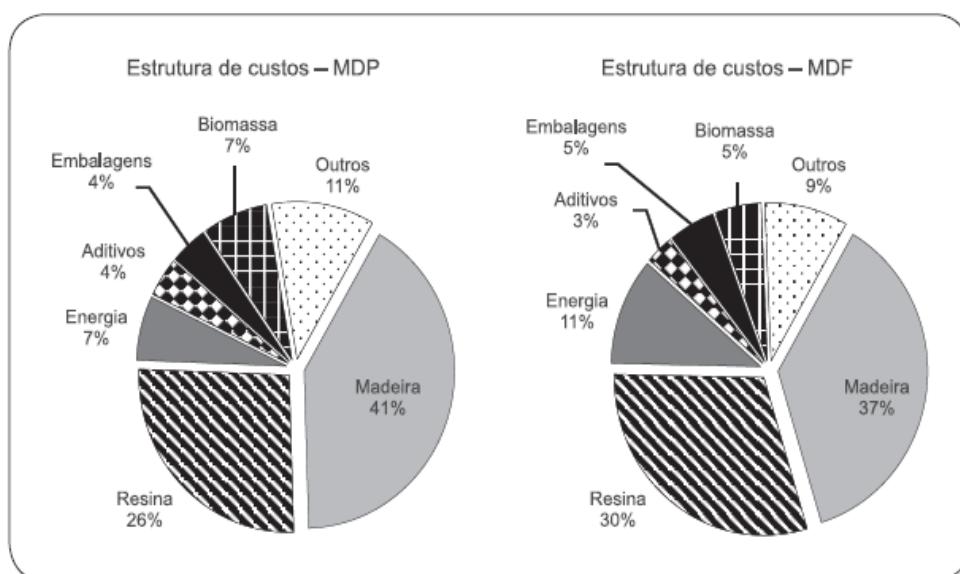
Os adesivos, também chamados de resinas, aplicados na fabricação de PMRs representam um alto custo de produção, no caso do MDF em torno de 30%. De acordo com BNDES (2009), os principais insumos utilizados na fabricação dos painéis de madeira reconstituída são a madeira e as resinas. Como no processo de fabricação do MDF são utilizadas fibras de madeira e não partículas, como no MDP, consomem-se mais madeira e mais resina que no processo de fabricação do MDP.

Campos e Lahr (2004) relatam que a primeira resina sintética à base de fenol-formaldeído, começou a ser empregada em escala industrial em 1930. Também neste período começou a ser empregado o adesivo à base de ureia-formaldeído, na produção de móveis e madeira compensada para uso interno. Este adesivo à base de ureia apresentava pouca resistência à água quando comparado às resinas fenólicas, entretanto, a cura era processada em temperatura mais baixa e menor custo.

Em média, no Brasil, necessita-se de cerca de 30% mais de madeira na fabricação do MDF do que na fabricação do MDP, o que se reflete, historicamente, em custos de produção do MDF cerca de 30% superiores aos custos de produção do MDP (BNDES, 2009).

Na Figura 13 é demonstrada a estrutura de custos de produção médios para a produção de MDP e MDF no Brasil.

Figura 13. Estrutura de Custo dos painéis de madeira reconstituída MDP e MDF



Fonte: BNDES (2009)

Somente após a Segunda Guerra Mundial os novos adesivos foram desenvolvidos, podendo destacar o resorcinol-formaldeído, com custo maior que os citados anteriormente, porém com cura à temperatura ambiente e maior resistência à água. Também surgiram os primeiros adesivos poliuretanos e as emulsões de acetato de polivinila começaram a substituir adesivos à base de proteína animal (CAMPOS E LAHR, 2004).

Koch et al (1987) escreve que os principais adesivos empregados na fabricação de painéis à base de madeira são os adesivos sintéticos, destacando-se o fenol-formaldeído, o resorcinol-formaldeído, a ureia-formaldeído e a melanina-formaldeído. Estas quatro resinas compõem, aproximadamente, 90% de todas as resinas adesivas em painéis de madeira, sendo todas elas derivados de combustíveis fósseis. O fenol e o resorcinol são derivados do benzeno, que é sintetizado a óleo, e a ureia, a melamina e o formaldeído são todos derivados do petróleo. Apresentam como principais propriedades sua resistência à umidade e imunidade ao ataque de microrganismos. Devido a estas propriedades, essas resinas são amplamente empregadas na

indústria madeireira. Os adesivos sintéticos geralmente são classificados de acordo com sua termoestabilidade, Koch et al (1987).

3.5.1. Classificação dos adesivos

Campos e Lahr (2004) caracterizam o adesivo termoestável como aquele que possui capacidade de se solidificar através de reações químicas ativadas por calor ou catalisadores, resultando em uma colagem resistente a umidade e calor. Um adesivo termoplástico é aquele capaz de ser, de forma repentina, amolecido por aquecimento e endurecido por resfriamento. As resinas de origem fenólica são as principais na classificação dos adesivos termoestáveis.

Campos e Lahr (2004) 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 (2004), 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.

Bueno (2019) relata dois grandes grupos de adesivos para fabricação de painéis de fibras são os adesivos naturais e adesivos sintéticos. Iwakiri (2005) classifica em quatro grandes grupos:

- Adesivos Naturais: destacam-se a glutina tirado de couro, pele e ossos animais, amidos (batata e trigo) albumina do sangue, a caseína do leite,
- Adesivos Orgânicos: éter celulósico, borracha orgânica, mamona, tanino, entre outros.
- Adesivos sintéticos termoplásticos: polivinil acetato, polivinil acrilato, polietileno, poliestirol, borracha sintética.
- Adesivos sintéticos termo endurecedores e termofixos: ureia formaldeído, melamina formaldeído, fenol formaldeído, e tanino formaldeído.

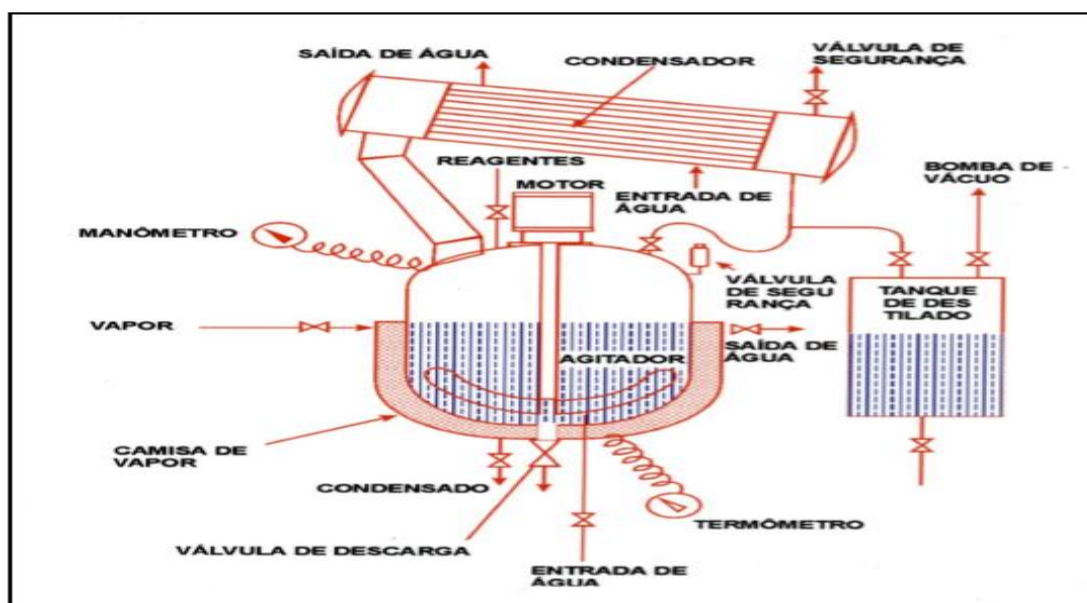
3.5.2. Resina Uréia-Formaldeído (RUF)

Iwakiri (2005) escreve que com relação à resina, a ureia-formaldeído é a mais utilizada pelas indústrias de painéis de madeira. De acordo com Marra (1992), a resina ureia-formaldeído tem vantagem em relação ao custo, entretanto, apresenta baixa resistência à umidade, sendo classificado para uso interior, protegidos de umidade. Para aplicações que requerem alta resistência à umidade, como em usos estruturais, as resinas fenol- formaldeído e melamina-formaldeído são as mais indicadas. Atualmente, os fabricantes de resinas para madeira passaram a produzir em escala comercial as resinas compostas, tais como melamina-ureia- formaldeído e fenol-melamina-ureia-formaldeído, para aplicações semiestruturais, com maior resistência à umidade e custos compatíveis.

Nas indústrias de compensados e aglomerados, as resinas tradicionalmente utilizadas são as fenólicas e uréicas, sendo estas últimas de baixa resistência à umidade (ROFFAEL, 1982, GONÇALVES et al., 2008), ambas obtidas pela condensação de formaldeído com fenol ou ureia, respectivamente. Chow (1983) menciona que estas substâncias, por serem oriundas de derivados de petróleo, elevam o custo do adesivo e conseqüentemente o custo total das chapas. Após a crise do petróleo, houve então, uma grande preocupação em substituir estes derivados petroquímicos na indústria de painéis de madeira (CHOW, 1983; PIZZI e MITTAL, 1994). Outro motivo para a substituição de adesivos comerciais por adesivos naturais é devido ao problema da emissão de substâncias tóxicas – formaldeído para a atmosfera, como apresentado por Margosian (1990).

Existe uma preocupação quanto ao uso de formaldeído nas resinas empregadas na confecção de MDF e os riscos de saúde envolvidos. Por esse motivo há pesquisas em andamento para o desenvolvimento de novas resinas menos nocivas (BOM, 2008). Na Figura 14 é demonstrado um reator empregado na produção de resinas à base de ureia-formaldeído.

Figura 14. Reator empregado na produção de resinas à base de ureia-formaldeído



Fonte: (adaptado do arquivo de notas de aula do Prof. Dr. Pedro Bom, intitulado “Painéis de Madeira”).

Melo et al., (2009) defende que os adesivos à base de ureia-formaldeído são muito utilizados nas indústrias de painéis de madeira, principalmente pelo baixo custo, rápida reação em prensa quente e fácil manuseio. Segundo Roffael e Schneider (1983), 90% de todos os painéis aglomerados produzidos no mundo utilizam esse tipo de resina.

Katsukake (2009) relata que atualmente existe uma grande quantidade de adesivos, tais como a melamínica, fenólica entre outras, porém atualmente a resina ureia-formaldeído (UF) 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-ureia-formaldeído (MUF), outra desvantagem é a emissão de formaldeído, um carcinogênico (*Florest Products Laboratory*, 1999).

O autor Filho (2009) relata que a resina UF possui coloração leitosa e branca e é fabricada na forma de solução aquosa, com teor de sólidos variado em torno de 60 a 70%, ou na forma de pó. Possui pH entre 7,4 e 7,8 e viscosidade entre 400 a 1000 cp a 25° C. A sua cura é por redução de pH, por meio de adição de um catalisador ácido, geralmente ácido cítrico, fórmico ou tartárico para cura a frio, e sulfato de amônia para cura a quente entre 90 e 120° C.

O *shelf life* (validade) da resina varia em torno de 3 meses quando produzida na forma aquosa, e até um ano quando produzida na forma sólida (pó).

3.5.3. Látex natural de seringueira centrifugado

Hilling et al. (2002) e Calegari et al. (2004) citam que devido à oscilação dos preços do petróleo e a fragilidade dos produtos sintéticos advindos de fontes de matéria-prima não-renováveis, a utilização de resinas à base de extratos de casca de espécies florestais tem sido alvo de inúmeras investigações.

A crescente conscientização ambiental e a consequente busca por matérias primas renováveis vêm crescendo e impulsionando também a utilização de adesivos de base vegetal, encontrados na madeira (cerne), casca, raízes, flores, frutos e sementes de algumas espécies arbóreas. Adesivos vegetais já são utilizados industrialmente na África do Sul, Austrália, Zimbábue, Chile, Argentina, Brasil e Nova Zelândia (DUNKY E PIZZI, 2002).

Garcia (2012) escreve o processo de produção do látex, iniciando pela coleta do látex na seringueira feita por meio de sangria, iniciada quando o tronco atinge o perímetro de 45 cm, medido a uma distância de 1 metro acima do enxerto. A sangria consiste numa incisão feita com uma faca especial no tronco da árvore essa incisão não deve ultrapassar o líber, onde se localiza os vasos lactíferos, de modo a não ferir o câmbio, responsável pelo crescimento radial do tronco.

O látex que escoa do corte feito no painel de sangria desce pelo canal vertical e, por meio de uma bica metálica, é recolhido em tigela fixa ao tronco por um suporte de arame. O procedimento de sangria mais utilizado no Brasil é o de corte em meia-espiral, em dias

alternados. Na tigela pode ser colocado previamente um agente preservativo do látex, com uma solução de amônia, que irá evitar que ele se coagule.

Rippel (2005) relata que ao ser extraído da seringueira, o látex possui em média 30% de borracha, 68% de componentes como água e substâncias não borracha, como lutóides, proteínas, sais minerais, etc. Para o processo industrial, há necessidade do látex ser centrifugado, ficando com 60% de sólidos e 40% de água.

O látex extraído precisar ser necessariamente centrifugado em capo, ou seja, logo após o processo de extração, pois a concentração de borracha ao ser extraído varia em torno de 30 a 40% em massa, o restante é basicamente água. Os fatores que justificam sua concentração em campo se baseiam na inviabilidade de transportar um grande volume de água de forma desnecessária, e os processos industriais necessitam que ele seja concentrado devido a melhora na qualidade do látex (RIPPEL, 2005).

O processo de concentração por centrifugação é de longe o mais utilizado para o látex natural, chegando a representar 90% de todo o látex concentrado utilizado industrialmente, sendo justificado pelo baixo custo e por ser contínuo.

3.5.4. Aditivos químicos

Na produção de MDF, Eugênio (2016) escreve que 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, catalisadores de adesivos, aumento de resistência mecânica, redução na emissão de formol, resistência ao fogo e a fungos, entre outros.

- **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 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).

3.6. Pesquisas realizadas sobre painéis de madeiras reconstituídas

Goçalves et al. (2008) estudou a influência da adição de diferentes níveis de tanino de *Acacia mearnsii* em uma resina comercial à base de uréia-formaldeído nas propriedades físicas e mecânicas de chapas aglomeradas. As chapas aglomeradas foram confeccionadas com madeira de *Eucalyptus urophylla*. Foram avaliadas quatro composições de adesivo: T1 - 100% de resina UF (testemunha); (T2) 90% de resina UF + 10% de tanino 50%; (T3) 85% de resina UF + 15% de tanino 50% e (T4) 70% de resina UF + 30% de tanino 50%. Através dos ensaios, concluiu-se que é possível adicionar tanino à resina uréia-formaldeído sem com isso prejudicar as propriedades físicas e mecânicas das chapas.

Campos e Lahr (2004) estudou a produção de MDF a partir de matéria-prima alternativa, isto é, empregando fibras de Pinus e Eucalipto e resina com três diferentes teores de uréia-formaldeído. Foram realizados ensaios mecânicos para determinar a Adesão Interna (AI) a partir do ensaio de Tração Perpendicular às fibras (EN 319/1993). Em seguida, efetuada comparação entre os resultados do MDF produzido em laboratório usando fibras de Pinus e de Eucalipto. Finalmente, os resultados foram comparados e discutidos com valores característicos propostos pela norma Euro MDF Board.

Campos e Lahr (2004) concluíram que para situações em que o MDF não terá contato com água, por exemplo, camas, armários, guarda-roupas, as chapas de fibras de Pinus e as chapas com fibras de Eucalipto com 8% de adesivo podem ser empregados. Agora, os painéis

com fibras de Pinus e fibras de Eucalipto com 10% e 12% de adesivo podem ser empregados em ambientes úmidos e até em contato direto com a água.

Belini *et al.* (2010) confeccionou chapas MDF de fibras da madeira de *Eucalyptus grandis* em laboratório e em linha de produção industrial e 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.

Belini *et al.* (2010) também evidenciou que para os painéis MDF confeccionados em laboratório, existe uma 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.

Bueno (2019) desenvolveu um estudo com o objetivo de avaliar as potencialidades da fibra de coco e das fibras de eucalipto aplicado aos painéis de MDF afim de viabilizar sua utilização na indústria moveleira e construção civil. Para tanto, foram estudadas as propriedades físicas e mecânicas segundo recomendação da NBR 15316-2 (2015).

Em relação ao ensaio de tração perpendicular, todos os traços desenvolvidos em laboratório não obtiveram valores mínimos para se enquadrar na NBR 15316-2 (2015), sendo o traço T5, comercial o único que se enquadrou em norma e dentro dos traços fabricados o que teve melhor resultado foi o traço T4, discretamente abaixo do mínimo desejado.

Silva *et al.* (2019) produziu painéis de MDF adicionando nanopartículas de óxido de zinco (ZnO) na resina uréia-formaldeído (UF) e na resina melamina-formaldeído (MF), produzindo seis traços distintos, sendo os traços T1 e T4 formulados sem a aplicação do ZnO, ou seja, foram produzidos somente com as resinas UF e MF, e os demais traços com aplicação de ZnO na proporção de 0,5% e 1,0%. A adição de 0,5% de nanopartículas de ZnO apresentou os melhores resultados para o painel de fibras de média densidade

Hansted *et al.* (2019) avaliou as propriedades físicas de painéis de aglomerados de partículas de média densidade (MDP) após a adição de várias proporções de nanocelulose no adesivo de ureia-formaldeído (UF) na produção de painéis. A produção de MDP com nanocelulose apresentou resultados promissores a partir de testes físicos, indicando a possibilidade de produção em escala laboratorial.

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 1,18) 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;
- ✓ 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 Látex Centrifugado com 50% de teor de sólidos comercializado pela empresa DuMello.

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 cinta para lixadeira de bancada, 100 x 915, Grão 80, marca Norton;
- ✓ 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 DAX6000.

- ✓ 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

A metodologia empregada na pesquisa teve como base o trabalho realizado por Eugênio (2016), no qual realizou seu trabalho no mesmo laboratório, empregando os mesmos equipamentos e partes dos insumos empregados na presente pesquisa, bem como a metodologia dos ensaios realizados.

4.2.1. Insumos e equipamentos utilizados

Os insumos e os equipamentos utilizados, foram disponibilizados pela empresa fabricante de painéis Duratex SA. O projeto foi desenvolvido nos laboratórios dessa empresa nas unidades de Agudos/SP e Botucatu/SP.

4.2.2. Resina uréia-formaldeído (UF), emulsão de parafina líquida e adesivo látex centrifugado

Tanto a resina ureia-formaldeído quanto a emulsão de parafina (Durawax) utilizada foram produzidas pelo próprio fabricante de painéis, na unidade de Agudos/SP. A resina tendo teor de sólidos de 59%, com emissão de formol classe E2, enquanto que a emulsão de parafina contém teor de sólidos de 50%, com coloração característica branca e leitosa.

O adesivo látex centrifugado apresentou teor de sólidos de 50%. Este adesivo é comercializado pela empresa DuMello com o código comercial de HN-300.

4.2.3. Fibra de Eucalipto

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

Na indústria, após passar pelo desfibrador, as fibras seguem para o secador, para ajustar a umidade, em seguida são incorporados os aditivos e as resinas. No laboratório, este processo foi realizado na estufa, antes da aplicação das resinas e aditivos. A fibra de eucalipto utilizada foi retirada da linha de produção de painéis de MDF, posteriormente foram colocadas em estufas de aquecimento de circulação mecânica, com temperatura controlada de 105°C até atingir a umidade desejada de 3%.

Na Figura 15 é ilustrado parte da fibra de eucalipto coletada na linha de produção, seca em estufa, para produção dos painéis da pesquisa.

Figura 15. Fibra de eucalipto seca estufa



Fonte: (Autor).

4.2.4. Formulação dos painéis

Os painéis foram formulados seguindo as premissas de dosagens do aditivo látex junto com o adesivo UF. A quantidade de aditivo látex dosado foi de 10%, 15% e 20% com base no peso sólido do adesivo UF, também foram produzidos painéis com somente adesivo UF, não adicionando o aditivo látex, no qual foram denominados como prova em branco (PB).

A massa dos insumos UF e emulsão de parafina foram calculadas 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 aditivo látex foi calculado com base na massa sólida do adesivo UF, por ser considerado nesta pesquisa um aditivo para este adesivo, e possivelmente um agente sequestrador de formol livre, sendo estas características presentes somente no adesivo UF.

Foram produzidos 8 painéis, sendo dois para cada traço: dois painéis como provas em branco (PB), com somente o adesivo UF (sem a adição do aditivo látex), dois com 20% com látex, dois com 15%, e mais dois com 10% do aditivo látex. Os percentuais dosados de cada insumo foram de:

- Adesivo (UF) = 11% sobre a massa de fibra seca.
- Emulsão = 0,8% sobre a massa de fibra seca.
- Aditivo látex centrifugado = 10, 15 e 20% sobre a massa de resina UF sólida.

Não foram dosados catalisadores a base de sulfato de amônia, tendo em vista que o aditivo látex centrifugado já apresenta amônia em sua formulação, na qual age na forma de conservante e anticoagulante.

A denominação dos traços foi definida após a formulação, ficando determinados conforme o grupo de formulação, sendo: traço T1, painel de MDF sem a presença do aditivo látex, também chamado de prova em branco - PB (será o “padrão” a ser comparado com os demais traços). Traço T2, painel de MDF com 10% de adesivo látex. Traço T3, painel de MDF com 15% de adesivo látex. Traço T4, painel de MDF com 20% de adesivo látex.

A Norma ABNT NBR 15316 (2015) classifica os painéis de madeira de média densidade (MDF) para fins mercadológicos de acordo com sua densidade em:

- HDF: chapa com densidade $\geq 800 \text{ kg/m}^3$;
- Standard: chapa com densidade $> 650 \text{ kg/m}^3$ e $< 800 \text{ kg/m}^3$;
- Light: chapa com densidade $> 550 \text{ kg/m}^3$ e $\leq 650 \text{ kg/m}^3$;
- Ultra light: chapa com densidade $> 450 \text{ kg/m}^3$ e $\leq 550 \text{ kg/m}^3$

Os painéis produzidos foram classificados de acordo com a NBR 15316 (2015) como Standard, e 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 16 mm.

A equação aplicada para calcular a quantidade dos componentes adesivos (UF) 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:

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

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

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 do aditivo látex a ser aplicada (MTL), 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 látex), e a Equação 4 (Massa total líquida de látex):

$$\mathbf{MSL} = \mathbf{MUF} \times \left\{ \left(\frac{\mathbf{TSUF}}{100} \right) \times \left(\frac{\mathbf{PL}}{100} \right) \right\} \quad (3)$$

$$\mathbf{MTL} = \frac{\mathbf{MSL}}{\left(\frac{\mathbf{TSL}}{100} \right)} \quad (4)$$

Onde:

MSL = Massa sólida do aditivo látex

MUF = Massa do adesivo Uréia-Formaldeído

TSUF = Teor de sólidos do adesivo Uréia-Formaldeído

PL = Percentual do aditivo látex a ser aplicado

MTL = Massa total líquida de aditivo látex a ser aplicado

TSL = Teor de sólidos do aditivo látex

Na Tabela 1 são apresentadas as quantidades de matérias-primas empregadas para a produção de um painel de MDF. Nesta planilha os valores já foram convertidos em massa líquida e calculadas de acordo com as equações apresentadas, já considerando o teor de sólido de cada componente (MT e MTL), e o teor de umidade real da fibra de eucalipto.

Tabela 1. Formulação dos traços para cada painel desenvolvido

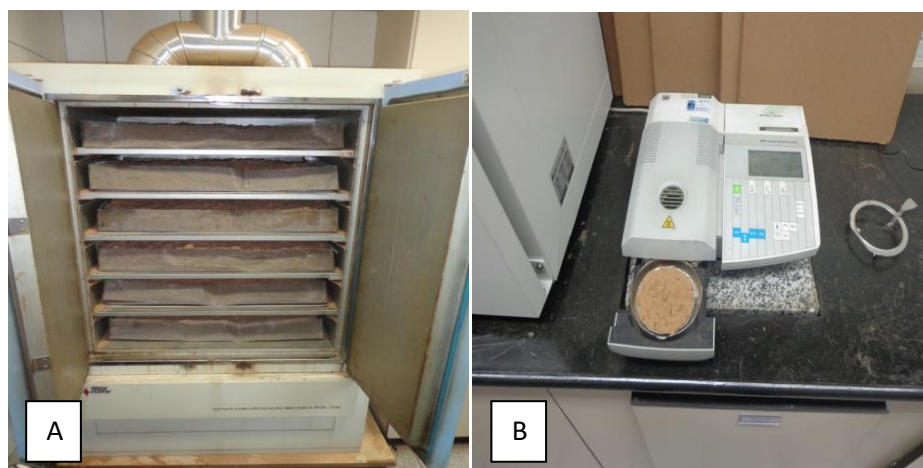
Traço	MATERIAIS (g)				Percentual Traço
	Adesivo UF	Aditivo Látex	Emulsão de Parafina	Fibra de Eucalipto	
T1	346,45	0	29,73	1957,00	0% Látex
T2	346,51	34,07	29,74	1939,97	10% Látex
T3	346,58	51,12	29,74	1931,44	15% Látex
T4	346,27	68,10	29,72	1922,95	20% Látex

Fonte: (Autor).

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 16 é ilustrada a estufa de secagem das fibras e a medição da umidade da fibra.

Figura 16. Estufa com circulação mecânica de ar (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 17 está ilustrado o processo de encolagem das fibras no equipamento denominado encoladeira:

Figura 17. 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 18 é ilustrado o dispositivo pneumático da pré-prensagem (A) após a encolagem, em seguida as fibras sendo distribuídas no dispositivo de metal (B), e então o processo de pré-prensagem (C).

Figura 18. Dispositivo pneumático de pré-prensagem (A), acondicionamento de forma uniforme no dispositivo da pré-prensa (B), e a pré-prensagem pelo cilindro pneumático (C)



Fonte: (Autor).

Na Figura 19 é mostrado o colchão de fibras pré-prensado, sendo preparado para seguir para a prensagem final.

Figura 19. Colchão de fibras encoladas pré-prensado



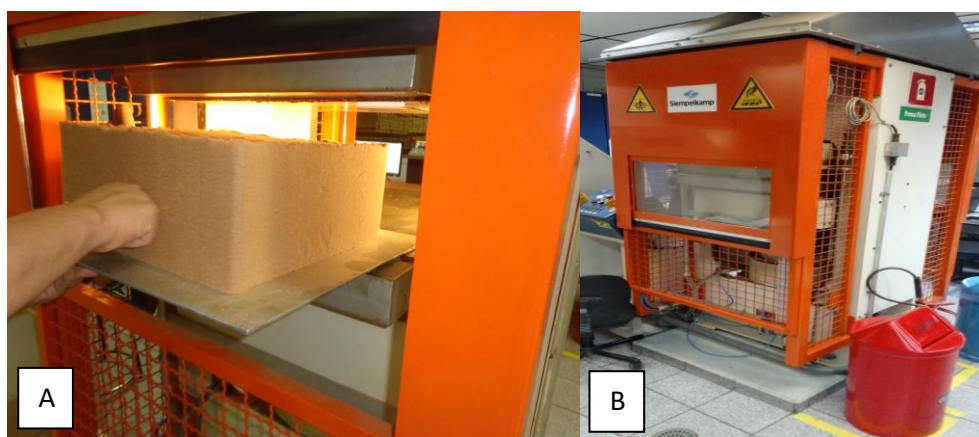
Fonte: (Autor).

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

- Tempo de prensagem – 144 segundos (tempo específico de prensagem de 9 s/mm)
- Temperaturas dos pratos de aquecimento – 175°C

Na Figura 20 é ilustrado o colchão de fibra sendo posicionado nos pratos de aquecimento da prensa (A), e em seguida o colchão passando pelo processo de prensagem na prensa hidráulica Siempelkamp (B).

Figura 20. 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.

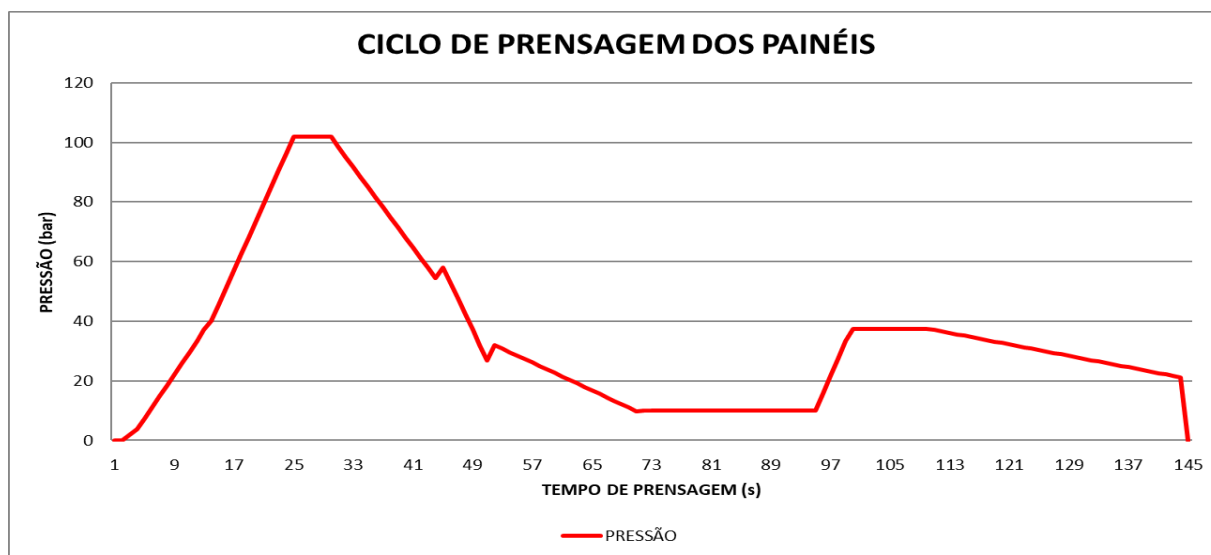
A temperatura de prensagem interfere nos painéis e sua principal função durante o processo de prensagem é acelerar a polimerização da resina distribuída entre as fibras, onde ocorre a densificação do material por um processo mecânico de deformação até a espessura final, o aquecimento do material e, conseqüentemente, um processo químico que conduz a cura da resina (EUGÊNIO, 2016).

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

- Iniciou-se a prensagem do colchão, e em 13 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 11 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 após o início da redução a pressão chega a 58 bar, e depois de 6 segundos foi reduzida a 32 bar, em seguida novamente reduzida a 10 bar num período de 19 seg.
- Depois foi mantida uma pressão nominal de 10 bar por 24 seg.
- Posteriormente a pressão linear foi elevada para 37,5 bar em um período 4 segundos para que a chapa atingisse a espessura desejada (calibração de espessura – 16 mm), permanecendo nesta pressão por 11 segundos.
- Em seguida a prensagem foi reduzida gradativamente para 20 bar por um período de 35 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 21 é apresentado o ciclo de prensagem dos painéis de MDF de acordo com a pressão e o tempo de prensagem empregado no trabalho.

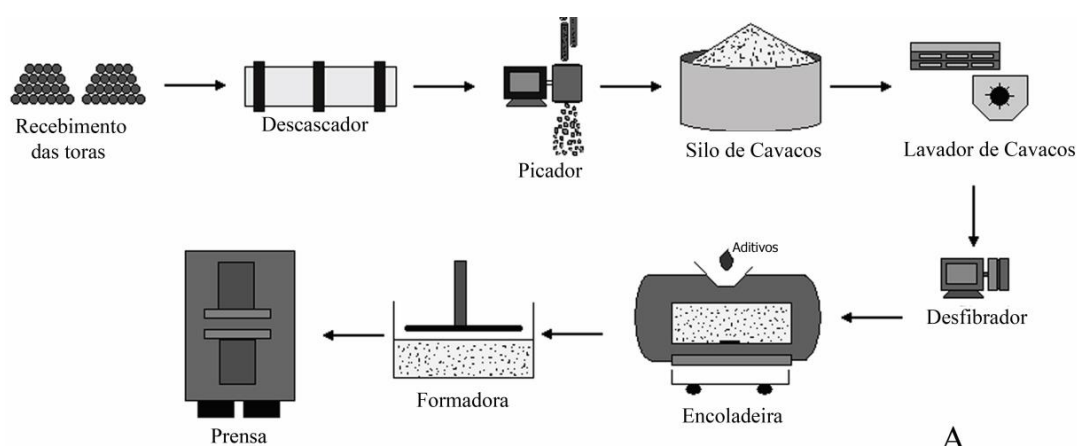
Figura 21. Ciclo de prensagem dos painéis



Fonte: (Autor).

Na Figura 22 é apresentado o fluxograma de produção dos painéis em escala laboratorial, considerando que retiramos a fibra da linha de produção após o processo de desfibrção.

Figura 22. Fluxograma da produção de painéis MDF em condições de laboratório



Fonte: Belini *et al.* (2010).

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 23 é apresentado parte dos corpos de prova produzidos na pesquisa.

Figura 23. Parte dos corpos de prova 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. 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. Contudo, 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.

No total, foram retiradas as seguintes quantidades de corpos de provas (CPs) por traço formulado: flexão estática MOR e MOE (4 CPs), teor de umidade residual (6 CPs), tração superficial (12 CPs), tração perpendicular (12 CPs), inchamento em espessura em 24hs (12 CPs), absorção de água em 24hs (12 CPs), densidade (12 CPs), perfil de densidade (6 CPs), e teor de formol (100g dos painéis produzidos de cada traço).

Os resultados mecânicos foram obtidos através da máquina universal de ensaios em kg/cm², e a NBR 15316-2 (2015) apresenta os valores dos critérios em N/mm². Na pesquisa os valores estão expressos em kg/cm², onde foram convertidos utilizando como base o fator de conversão equivalente de 0,0980665 N/mm² correspondendo a 1kgf/cm².

Na Figura 24 está descrita a configuração do plano de corte que os painéis produzidos foram serrados.

Figura 24. Plano de corte dos corpos de prova conforme NBR 15316-2 (2015)

1 Formol	2 Formol	3 Formol	43 - Tração Superficial	50 - Resistência a Flexão e Módulo de Elasticidade	51 - Teor de Umidade Residual	58 - Resistência a Flexão e Módulo de Elasticidade	52 - Tração Perpendicular e Perfil de Desidade Densidade Espessura
4 Formol	5 Formol	6 Formol					
7 Formol	8 Formol	9 Formol	44 - Inchamento e Absorção		52 - Tração Perpendicular e Perfil de Desidade Densidade Espessura		60 - Inchamento e Absorção
10 Formol	11 Formol	12 Formol					
13 Formol	14 Formol	15 Formol	52 - Tração Perpendicular e Perfil de Desidade Densidade Espessura		53 - Inchamento e Absorção		61 - Tração Superficial
16 Formol	17 Formol	18 Formol					
19 Formol	20 Formol	21 Formol	46 - Teor de Umidade Residual		54 - Tração Superficial		62 - Teor de Umidade Residual
22 Formol	23 Formol	24 Formol					
25 Formol	26 Formol	27 Formol	47 - Tração Superficial		49 - Tração Perpendicular, Densidade, Espessura.		63 - Tração Superficial
28 Formol	29 Formol	30 Formol					
31 Formol	32 Formol	33 Formol	48 - Inchamento e Absorção		56 - Inchamento e Absorção		49 - Tração Perpendicular, Densidade, Espessura.
34 Formol	35 Formol	36 Formol					
37 Formol	38 Formol	39 Formol	49 - Tração Perpendicular, Densidade, Espessura.		57 - Tração Superficial		65 - Inchamento e Absorção
40 Formol	41 Formol	42 Formol					
Sobra							

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 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 16 mm.

A metodologia dos ensaios físicos seguiu o mesmo modelo empregado na pesquisa de Eugênio (2016), tendo em vista que os ensaios foram realizados da mesma maneira e nos mesmos equipamentos aplicados em seu trabalho.

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 a “Massa”, foi determinado o comprimento, a largura, espessura e a massa acionando os seus botões correspondentes para cada corpo de prova. A massa foi determinada 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 = massa 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 homogeneamente 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.

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

Onde:

A = absorção da água em %.

M₁ = peso do corpo de prova após ficar submerso 24 h, em g.

M₀ = 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 (P1); posteriormente foram colocados os corpos de prova em estufa a 105 ± 5°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.

A metodologia dos ensaios mecânicos seguiu o mesmo modelo empregado na pesquisa de Eugênio (2016), tendo em vista que os ensaios foram realizados da mesma maneira e nos mesmos equipamentos aplicados em seu trabalho.

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 ajustados 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:

$$MOR = \frac{3 \times F_{máx} \times \ell}{2 \times b \times t^2} \quad (9)$$

Onde:

MOR = resistência à flexão, em kgf/cm²;

$F_{\text{máx.}}$ = 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;

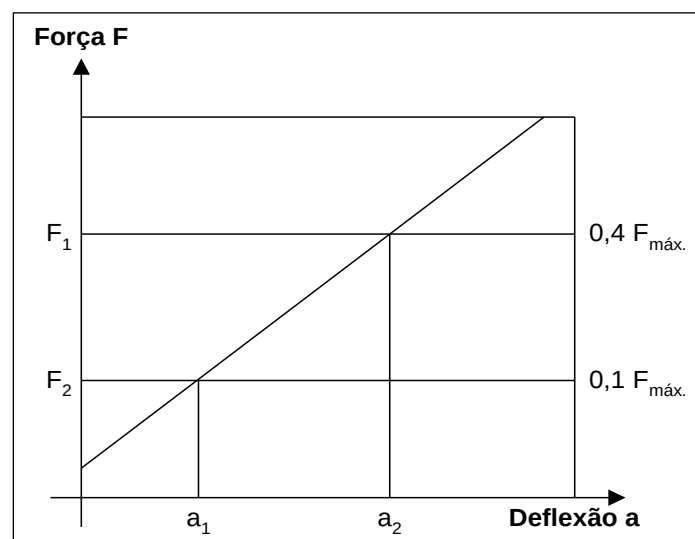
ℓ = largura dos corpos de prova, em mm;

t = espessura dos corpos de prova, em mm;

$F_2 - F_1$ = Forças conforme Figura 25.

$a_2 - a_1$ = Aumento da deflexão conforme Figura 25.

Figura 25. Aumento da deflexão para cálculo de MOE



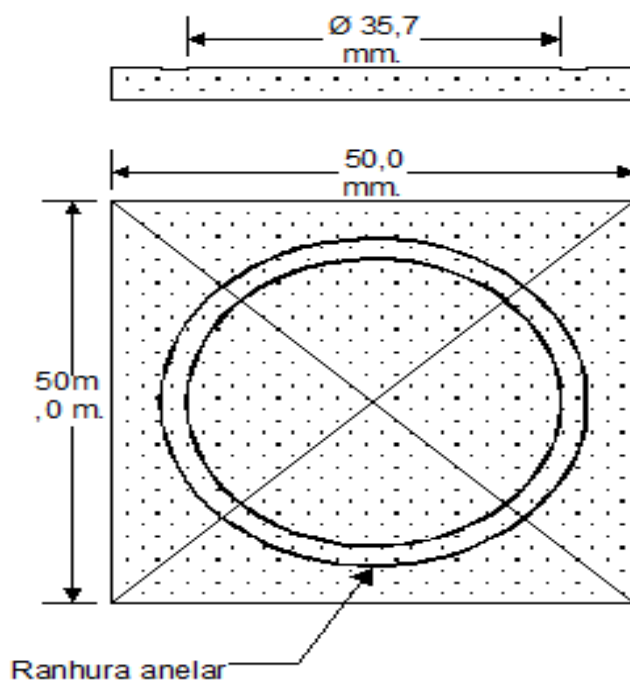
Fonte: (Autor).

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 26.

Figura 26. Ilustração da ranhura anelar na superfície a ser testada

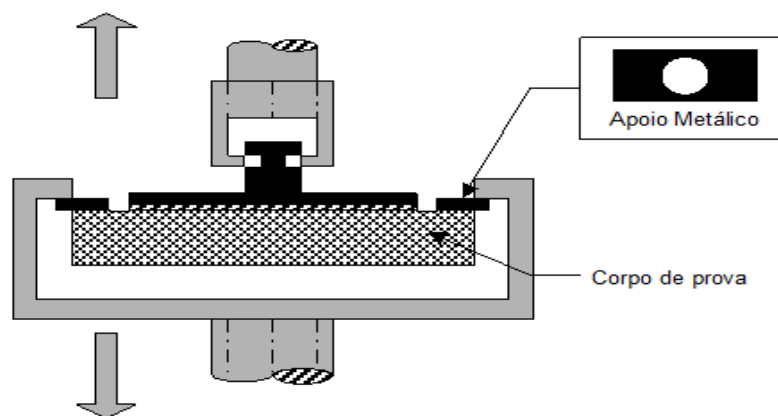


Fonte: (Autor).

Posteriormente foi aquecido o corpo auxiliar metálico, colocando sobre a sua superfície uma quantidade suficiente de adesivo hot-melt, 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 27 é ilustrado o corpo de prova colado no suporte e ambos acoplados na máquina de ensaios.

Figura 27. Corpo de prova colado no suporte e ambos acoplados na máquina de ensaios



Fonte: (Adaptação da NBR 15316-2, 2015).

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.

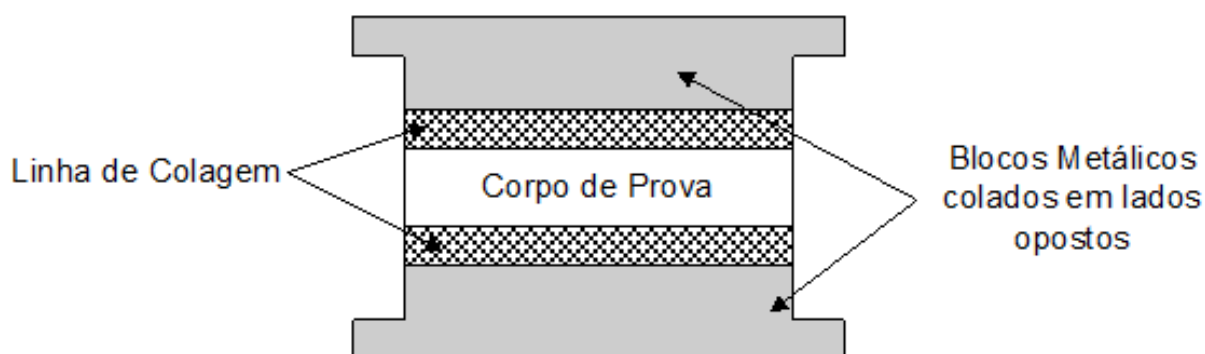
P = força de ruptura em kgf.

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 28 é ilustrado este procedimento.

Figura 28. Corpos de prova colados entre os dois blocos metálicos em lados opostos



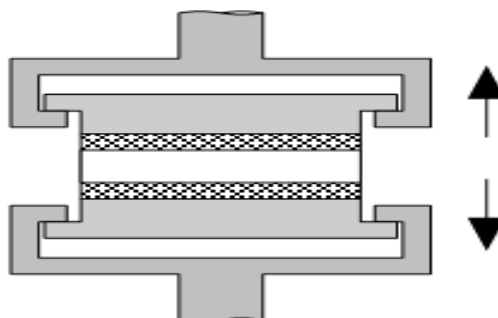
Fonte: (Adaptação da NBR 15316-2, 2015).

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 29 é apresentado o dispositivo acoplado na máquina universal de testes.

Figura 29. Dispositivo com o corpo de prova colado, acoplado na máquina universal de testes



Fonte: (Adaptação da NBR 15316-2, 2015).

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. Na Figura 30 é ilustrado o conjunto de equipamentos utilizados para realização do ensaio.

Figura 30. Dispositivos para realização do ensaio de emissão de formol pelo método Perforator



Fonte: (Autor)

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

A análise de perfil de densidade foi realizada de forma eletrônica em um equipamento com nome comercial de DAX6000, fabricado pela Grecon.

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.

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 dispositivos de sustentação dos corpos de prova, 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 31 é representado o equipamento DAX6000, fabricado pela Grecon.

Figura 31. Equipamento utilizado na realização do ensaio de análise dos perfis de densidade



Fonte: (Fagus-Gracon.com)

4.7. Análise Estatística

Com os dados coletados através dos ensaios realizado, 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 estatístico avançado Minitab versão 19, onde foram aplicados os testes de análises de variância denominado Anova para o nível de confiança de 95%, 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

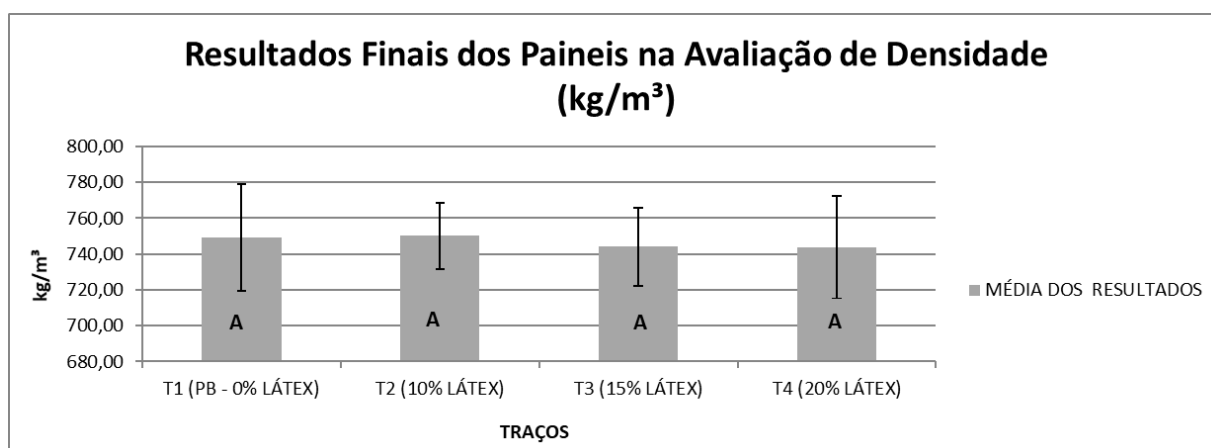
Neste item é apresentado os resultados obtidos através dos ensaios físicos e mecânicos, avaliação de formol e dos perfis de densidades, comparando os painéis compostos produzidos com o aditivo a base de látex natural de seringueira com o painel produzido somente com o adesivo a base de ureia-formaldeído (UF).

Os resultados tiveram com base principal de comparação os valores de critérios estabelecidos pela norma NBR 15316-2 (2015) para condições secas.

5.1. Ensaio de densidade

As densidades dos painéis atenderam o requisito da norma para produção de MDF na condição Standard no qual preconiza como sendo $> 650 \text{ kg/m}^3$ e $< 800 \text{ kg/m}^3$. Os painéis foram formulados buscando uma densidade média de 750 kg/m^3 , sendo que o painel T2 conseguiu atingir esta densidade ($750,25 \text{ kg/m}^3$), os demais traços obtiveram resultados muito próximo do valor desejado, o traço T1 com $749,33 \text{ kg/m}^3$, o traço T3 e T4 com $744,00 \text{ kg/m}^3$ e $743,75 \text{ kg/m}^3$ respectivamente. Não foram notadas quedas de densidade substanciais nos painéis aditivados com látex, todos atenderam o range especificado pela NBR. Na Figura 32 são ilustrados os resultados dos painéis na avaliação de densidade específica.

Figura 32. Resultados finais dos painéis na avaliação de densidade.



Fonte: (Autor)

Quanto a análise estatística Anova com um fator, ficaram evidente que não houveram diferenças estatísticas entre as amostras ao nível de significância de 5%, ou seja a adição do aditivo látex não trouxe impactos nos resultados de densidade dos painéis (valor de $p = 0,8798$ / $F = 0,22303$ / $F\text{-crit} = 2,8164$). O teste Tukey mostrou que todos os traços tiveram comportamentos equivalentes estatisticamente, permanecendo todos no grupo A, não havendo distinção, comprovando os resultados obtido pela Anova, ou seja, que não houve diferenciação entre os traços no quesito densidade com a adição do aditivo látex.

Silva *et al.* (2019) produziu painéis de MDF adicionando nanopartículas de óxido de zinco (ZnO) na resina uréia-formaldeído (UF) e na resina melamina-formaldeído (MF), produzindo seis traços distintos, sendo os traços T1 e T4 formulados sem a aplicação do ZnO, ou seja, foram produzidos somente com as resinas UF e MF, e os demais traços com aplicação de ZnO na proporção de 0,5% e 1,0%. Os resultados apresentados mostram que a adição de 1% em ambas as composições (UF ou MF) reduziram a densidade dos painéis de forma acentuada, chegando a valores de 558,49 kg/m³ no traço T3, abaixo do especificado pela norma. Silva *et al.* (2019) justifica a redução da densidade devido a aceleração da transferência de calor proporcionado pela adição de ZnO durante a prensagem a quente, aumentando a espessura do painel, principalmente na camada interna.

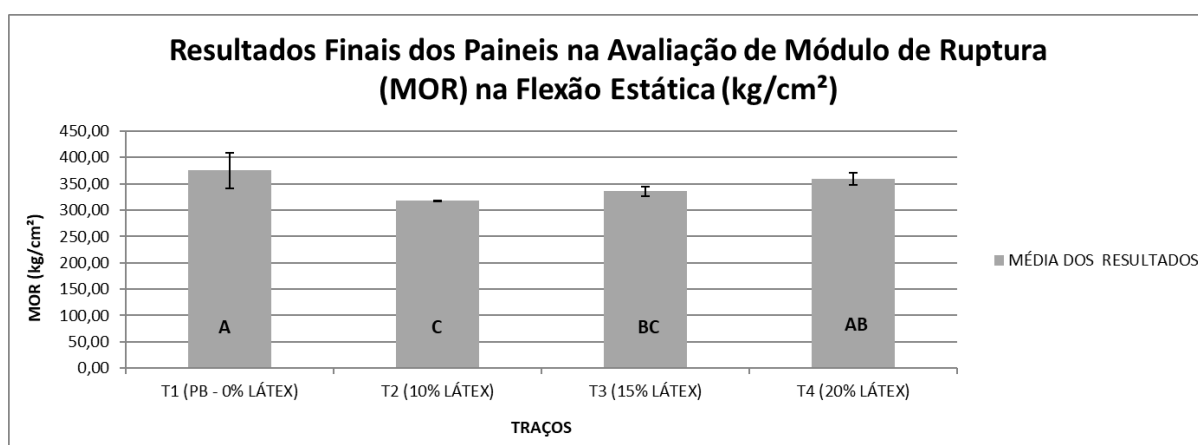
Na pesquisa realizada por Bueno (2019), no qual produziu painéis de MDF formulados com 5 traços diferentes, sendo o primeiro com 100% fibras de eucalipto (T1), o segundo 80% fibras de eucalipto e 20% fibras de coco (T2), o terceiro 60% fibras de eucalipto e 40% fibras de coco (T3), o quarto 40% fibras de eucalipto e 60% fibras de coco (T4) e o quinto traço (T5) denominado comercial, no qual foi adquirido no comércio. Assim como na presente pesquisa, constatou-se que todos os traços desenvolvidos ficaram dentro do padrão estipulado em projeto, que era de 700kg/m³, tendo poucas variações. O traço T1 foi o que apresentou o melhor resultado, sendo este com 705,83 kg/m³ ficando bem próximo do estipulado em projeto, já o traço T4 obteve um resultado com uma discrepância maior com 744,70 kg/m³, sendo este também o pior resultado, e os demais traços obterão respectivamente T2 com 708,69 kg/m³ e o traço T3 com 718,58 kg/m³, já o traço comercial obteve um valor de 700,48 kg/m³.

Na presente pesquisa nota-se que o aditivo látex trouxe um resultado positivo, uma vez que o mesmo não interferiu na densidade dos painéis quando comparados com a prova em branco.

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 específica como valor mínimo 203,94 kg/cm². Os traços T1 e T4 foram os que tiveram os maiores resultados, sendo T1 com 374,98 kg/cm², e T4 com 359,08 kg/cm², valores em torno de 55% superiores que o limite mínimo da norma. Já os traços T2 e T3 apresentaram resultados inferiores quando comparados com os dois primeiros, porém de forma pouco expressiva, com 317,58 kg/cm² e 335,68 kg/cm² respectivamente. Nota-se que a adição do aditivo a base de látex natural pouco influenciou nos resultados, quando comparado com o limite da norma NBR. Na Figura 33 são evidenciadas as médias dos resultados dos ensaios na avaliação de módulo de ruptura (MOR).

Figura 33. Resultados dos ensaios na avaliação de módulo de ruptura (MOR).



Fonte: (Autor)

Nas avaliações estatísticas Anova os resultados apresentados indicaram que existem diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade entres os traços (valor de $p = 0,0045$ / $F = 7,4020$ / $F\text{-crit} = 3,4903$), ou seja, a formulação dos painéis é um fator determinante nos resultados de avaliação do módulo de ruptura (MOR). Quanto ao teste Tukey os resultados mostraram que existe significativa diferença entre alguns traços, com a formação de três grupos, sendo os traços T3 e T4 equivalentes estatisticamente compartilhando o grupo B, os traço T2 e T3 compartilhando o grupo C, e o traço T1 alinhado estatisticamente com o traço T4, e pertencentes ao grupo A, o resultado mostra a heterogeneidade dos resultados.

Bueno (2019) descreve em sua pesquisa que a adição de fibra de côco trouxeram efeitos negativos para a pesquisa, reduzindo os resultados de forma expressiva e abaixo da especificação quando comparados com a norma NBR 15316-2 (2015), o menor resultado foi o traço T4, com 11,99 N/mm².

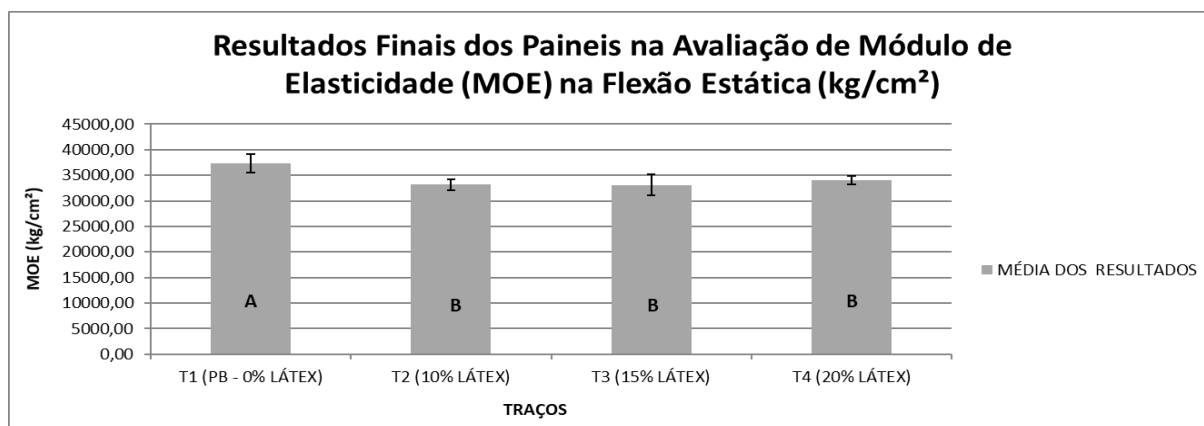
Belini (2010) produziu painéis de MDF em escala laboratorial com as seguintes proporções de resinas e aditivos: resina ureia-formaldeído 11,0% (sólidos resina/fibra seca), emulsão de parafina 0,37% (sólidos emulsão/fibra seca) e catalisador sulfato de amônia 0,8% (sólidos de catalisador/sólidos de resina UF). Os resultados apresentados mostraram significativa redução dos resultados de MOR dos painéis produzidos em laboratório, quando comparados com os painéis produzidos em escala industrial (em linha de produção). Belini (2010) mostra que há correlação positiva entre a densidade dos painéis e suas propriedades mecânicas, e que a densidade do painel de MDF também afeta positivamente os valores dos módulos de ruptura e de elasticidade (GANEV et al., 2005; CAI et al., 2006).

Os resultados de flexão estática – módulo de elasticidade (MOE) mostram, na presente pesquisa, que todos os ensaios apresentaram resultados positivos quando comparados com a NBR 15316-2 (2015), na qual especifica um valor mínimo de 22.433,76 kg/cm², não apresentando queda significativa ao adicionar o aditivo látex. O traço T1 apresentou o maior resultado com valor de 37.318,30 kg/cm². O Traço T3 foi o que apresentou a maior queda entre os resultados com 33.103,30 kg/cm². Os demais traços, T2 e T4, também apresentam uma leve queda quando comparados a prova em branco (T1), sendo 33.140,48 kg/cm² e 34.030,83 kg/cm² respectivamente. Assim como nos resultados do MOR, é visível que a redução do módulo de elasticidade na flexão estática quando aplicado o aditivo látex foram pouco expressivas quando comparadas com o valor mínimo especificado pela NBR.

Embora todos os resultados de MOR e MOE apresentaram resultados positivos quando comparados com a norma em questão, esperava-se inicialmente que a adição do aditivo látex trouxesse o aumento deste valores quando comparados com o traço T1, tendo em vista que o látex é a matéria prima principal da borracha natural, que é um elastômero natural, o que significa que ela é um polímero que tem como principal característica a elasticidade.

Na Figura 34 são apresentadas as médias dos resultados encontrados, mostrando a redução dos valores quando aumentada a dosagem do adesivo PVA.

Figura 34. Resultados dos ensaios na avaliação de módulo de elasticidade (MOE).



Fonte: (Autor)

Estatisticamente fica evidente que os resultados da Anova mostraram diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade entre os traços (valor de $p = 0,0063$ / $F = 6,7859$ / $F\text{-crit} = 3,4903$), mostrando que o módulo de elasticidade apresentou variação significativa ao aplicar o aditivo látex nas diferentes proporções. Ao realizar o teste Tukey foram constatados dois diferentes grupos distintos, sendo o traço T1 pertencente ao grupo A, e os demais traços pertencentes ao grupo B e equivalentes entre si, ou seja, podem ser considerados compatíveis. Embora os resultados médios apresentados mostrem uma queda pouco expressiva nos traços aditivados com o látex quando comparados com a PB, os resultados estatísticos esclarecem que estas diferenças foram significativas.

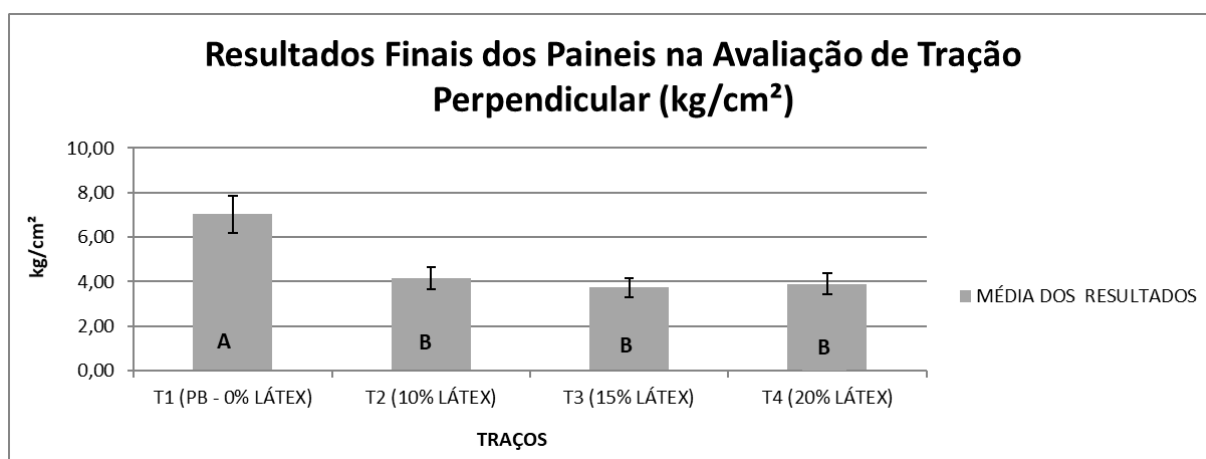
Eleotério (2000) produziu painéis de MDF (*Medium Density Fiberboard*) em laboratório, com diferentes densidades (550 e 750 kg/m³) e diferentes teores de adesivo UF (6, 8, 10, 12 e 14%), e identificou que os módulos de elasticidade e ruptura estão fortemente relacionados por apresentarem um comportamento semelhante no que se refere à exigência mecânica do corpo-de-prova. Eleotério (2000) destaca ainda que existe uma influência positiva do aumento do teor de resina sobre o módulo de elasticidade e ruptura. Na presente pesquisa é possível identificar que houve o aumento do MOR ao aumentar a dosagem do aditivo látex, e uma leve recuperação do resultado do MOE no traço T4.

Nesta pesquisa, a baixa variação dos valores do MOR/MOE, e da densidade dos painéis com a adição do adesivo látex, também comprovam as afirmações e os resultados de Belini (2010) e Eleotério (2000), ou seja, ambos os resultados foram positivos, não havendo grandes mudanças no comportamento dos módulos de ruptura e elasticidade dos painéis com a adição do aditivo látex.

5.3. Tração perpendicular

Os ensaios de tração perpendicular revelaram que apenas o traço T1, produzido sem a adição de látex, apresentou resultado satisfatório ($5,71 \text{ kg/cm}^2$) em relação à norma NBR 15316-2 (2015), na qual preconiza como valor mínimo $5,6 \text{ kg/cm}^2$. Todos os demais traços sofreram quedas representativas ao adicionar o aditivo látex, porém, é notável que a variação entre os traços aditivados foi pouco expressiva. O traço T2 obteve $4,15 \text{ kg/cm}^2$, o traço T3 apresentou $3,73 \text{ kg/cm}^2$ e o traço T4 com o menor resultado de $3,90 \text{ kg/cm}^2$. Na Figura 35 são apresentados os resultados médios finais para os ensaios de tração perpendicular.

Figura 35. Resultados dos ensaios na avaliação de tração perpendicular.



Fonte: (Autor)

Os resultados negativos influenciados pela adição do aditivo látex também são evidenciados nas análises estatísticas. A Anova comprovou que existem diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade entre os traços (valor de $p = 0,0001$ / $F = 84,8874$ / $F\text{-crit} = 2,8165$), demonstrando que a adição do aditivo látex foi determinante na redução dos resultados dos traços T2, T3 e T4. Em relação ao teste Tukey, os resultados indicaram a formação de somente dois grupos, sendo o grupo A composto pelo traço T1 de forma isolada, mostrando novamente que somente este traço atingiu o resultado esperado, e os demais traços equivalentes entre si, formando o grupo B, ou seja, revelando que os mesmos são homogêneos no que diz respeito ao resultado final insatisfatório, e a pouca variabilidade de resultados quando comparados com os valores médios obtidos nos ensaios, não havendo significativa diferença estatística.

Cunha et al. (2019) produziu painéis de partículas compostos por cinco tratamentos com mistura das partículas de bambu e de madeira em diferentes proporções: (T1) 100:0%; (T2) 75:25%; (T3) 50:50%; (T4) 25:75%; (T5) 0:100%. Os painéis foram produzidos com densidade nominal de 700 kg/m³ e ciclo de prensagem de 160 °C e 40 kgf/cm² por oito minutos. Os valores médios de tração perpendicular dos painéis estudados indicaram que o melhor tratamento foi o T5 e os menos expressivos foram T1, T2 e T3, enquanto o tratamento T4 apresentou um valor intermediário, e que os valores se apresentaram significativamente menores com adição de mais de 25% de partículas de bambu. Na presente pesquisa também é nítida a redução da tração perpendicular de forma acentuada ao acrescentar o aditivo látex.

Almeida e Tarrento (2015) estudaram 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%). No estudo foi possível constatar que a redução nas dosagens do adesivo ureia-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), 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 e Tarrento (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.

Eleotério (2000) identificou que existe correlação entre a tração perpendicular, o teor de resina e a densidade do painel. Outra afirmação que corrobora com esta afirmação é a pesquisa realizada por Belini (2010) no qual descreve que os índices de correlação de Pearson entre as propriedades físico-mecânicas dos painéis MDF confeccionados em laboratório indicam uma correlação estatisticamente significativa entre os módulos de ruptura e de elasticidade, a densidade média e a resistência à tração perpendicular, e o inchamento e absorção. Na presente pesquisa, quando comparamos os resultados, é visível que a redução do módulo de elasticidade na flexão estática, módulo de ruptura e a densidade, quando aplicado o aditivo látex, foram pouco expressivas quando comparadas com o valor mínimo especificado pela NBR.

Outro motivo que justifica a redução dos resultados dos painéis com a presença de látex é a existência do preservativo a base de amônia (NH₃) no látex centrifugado, no qual em contato com a resina a base de ureia-formaldeído, reage quimicamente acelerando o processo de cura

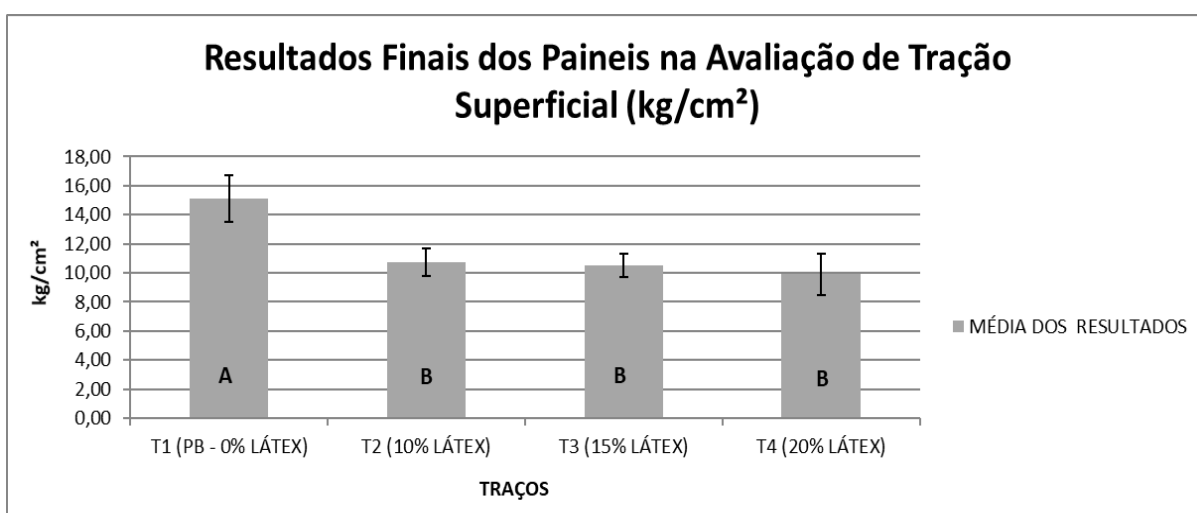
(solidificação) da resina, antes mesmo de ocorrer a prensagem do painel, reduzindo a adesão entre as fibras de eucalipto.

5.4. Tração superficial

A ABNT através da norma NBR 15316-2 (2015) não estabelece e nem menciona este ensaio e seus critérios mínimos, porém houveram revisões anteriores desta mesma norma que o ensaio de tração superficial era um requisito para os fabricantes de MDF. Atualmente algumas indústrias que produzem, principalmente, pisos laminados, adotam este ensaio, pois consideram a tração superficial um fator importante para determinação da qualidade tecnológica dos seus produtos (EUGENIO, 2016).

Assim como nos ensaios de tração perpendicular, o ensaio de tração superficial mostrou que somente a média dos painéis produzidos como PB, o traço T1, apresentou resultado superior, com valor médio de 15,13 kg/cm². De forma geral os demais traços apresentaram resultados próximos, sendo que o menor valor foi do traço T4 com 9,90 kg/cm², e os traços T2 e T3 com 10,72 kg/cm² e 10,51 kg/cm² respectivamente. Nota-se que, embora o traço T1 tenha apresentado o melhor resultado, também apresentou o maior desvio-padrão. Na Figura 36 são mostrados os resultados obtidos na avaliação da tração superficial.

Figura 36. Resultados dos ensaios na avaliação de tração superficial.



Fonte: (Autor)

A Anova demonstrou que existem diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade entre os traços (valor de $p = 0,0001$ / $F = 84,8874$ / $F\text{-crit} = 2,8165$), e mais uma vez justificando que a adição do aditivo látex foi decisiva na redução dos resultados dos traços T2, T3 e T4. Em relação ao teste Tukey, os resultados também indicaram a formação de somente dois grupos, sendo o grupo A dissociado e composto unicamente pelo traço T1, e os demais traços equivalentes entre si, formando o grupo B, ou seja, apontando que os mesmos são homogêneos no que diz respeito ao resultado final inferior, e a pouca variabilidade de resultados quando comparados com o valores médios obtidos nos ensaios, não havendo diferença estatística significativa.

Bueno (2019) relata que para os painéis desenvolvidos em sua pesquisa, todos os traços aditivados com fibra de côco obtiveram resultados semelhantes, onde o traço T5 (comercial), obteve o melhor resultado com 0,92 Mpa, os traços T3 e o traços T4 com resultados idênticos 0,68 Mpa, e bem próximos ao T1 com 0,67 Mpa, ficando o traço T2 com o pior resultado 0,64 Mpa. Ficou evidenciado que o aumento da dosagem da fibra de côco pouco influenciou a qualidade do painel no que diz respeito a tração superficial. Na presente pesquisa também é notório que o aumento da dosagem do aditivo látex não proporcionou a queda ou aumento em demasia dos valores.

Belini (2010) encontrou resultados inferiores de tração superficial nos painéis produzidos em laboratório, quando comparados com os resultados dos painéis produzidos em linha de produção. Um dos motivos relatados para esta redução diz respeito as maiores temperaturas existentes no início da prensagem dos colchões de fibras na prensa industrial, promovendo uma cura mais eficiente da resina nas faces dos painéis, aumentando a sua dureza superficial e resultando em painéis MDF de maior resistência superficial.

Na prensa industrial são aplicadas diferentes temperaturas durante o processo de prensagem dos colchões de fibras, existindo 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 (BELINI, 2010).

Embora o objetivo da presente pesquisa não seja a comparação de painéis com diferentes metodologias de produção, pode-se relacionar a redução dos resultados de tração superficial dos painéis aditivados com o aditivo látex com a deficiência no processo de transferência de calor na superfície dos painéis, ou até mesmo, assim como nos resultados de tração

perpendicular, pela cura prematura da resina ureia-formaldeído na superfície, oriunda da presença do catalizador a base de amônia (NH_3) na composição do aditivo látex, não permitindo uma ligação entre as fibras de forma satisfatória.

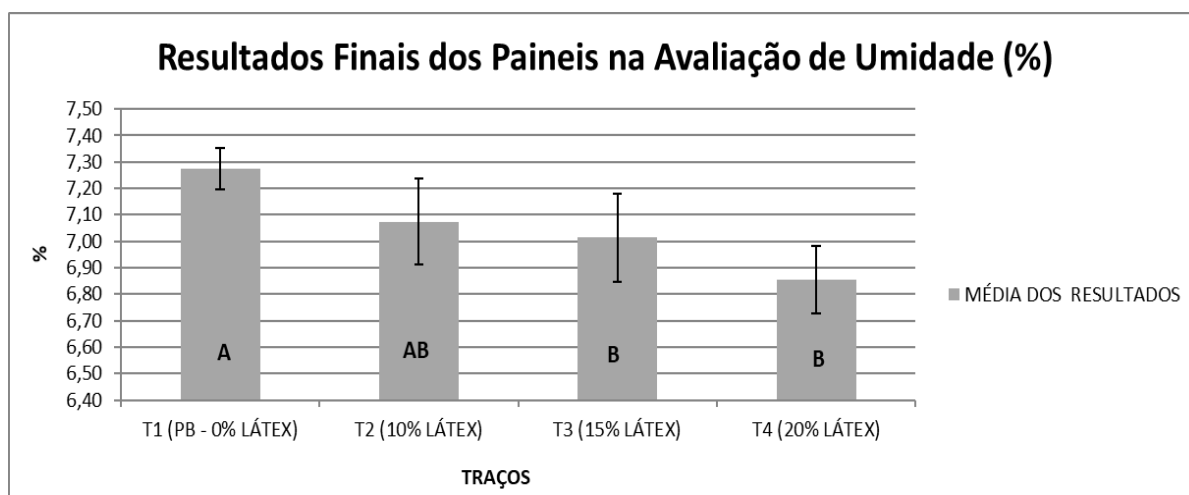
5.5. Ensaio de teor de umidade

O critério de aceitação da NBR 15316-2 (2015) determina um percentual que varia de 4 a 11% de umidade residual nos painéis de MDF Standard para condições secas. Nos ensaios de umidade da presente pesquisa todos os traços produzidos ficaram dentro do range especificado. Constata-se que houve redução dos teores de umidade quando adicionado o aditivo látex. Os resultados dos traços foram: T1 com 7,28%, T2 apresentou 7,07%, e T3 e T4 com 7,01% e 6,85% respectivamente.

Nos resultados estatísticos Anova ficou evidenciado que os traços apresentaram diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade (valor de $p = 0,0004$ / $F = 9,4551$ / $F\text{-crit} = 3,0983$), comprovando a influência na determinação do teor de umidade dos painéis quando aplicado o aditivo látex.

Na Figura 37 são expostos os resultados médios, onde se observa uma leve redução com o aumento do teor do aditivo látex dosado nos traços.

Figura 37. Resultados dos ensaios na avaliação de umidade



Fonte: (Autor)

Embora os resultados médios apresentaram variações entre os traços, o teste Tukey apresentou somente dois grupos, sendo os traços T1 e T2 considerados equivalentes, e compartilhando o grupo A, e os traços T3 e T4 pertencentes ao grupo B e equivalentes estatisticamente. O traço T2 também compartilha o grupo B, portanto não apresenta diferenças significativas com os traços T3 e T4.

Silva *et al.* (2019) identificou em sua pesquisa teores de umidade em tratamentos mais homogêneos que os resultados de densidade, mesmo com a adição de nanopartículas. Os tratamentos 1 e 2 (painéis produzidos com UF) apresentaram teores de umidade muito semelhantes, com valores de 5,54% e 5,56%, respectivamente. Para os tratamentos 4 e 5 (painéis produzidos com MF), os valores de umidade foram menores: 4,77% e 4,04%, respectivamente. Silva *et al.* (2019) destaca que o desempenho superior dos painéis produzidos com MF ocorreu devido a sua maior resistência à água.

Ainda na pesquisa de Silva *et al.* (2019), os tratamentos 3 e 6 (adição de 1% de nanopartículas em painéis produzidos com UF e MF, respectivamente) apresentaram maiores valores de umidade, sendo 7,29% e 7,33%, respectivamente. A justificativa apresentada para tal fato foi a adição de nanopartículas, no qual acelerou a cura da resina nas regiões mais externas e limitou a transferência de calor para as regiões mais internas, dificultando a fuga de vapor de água, o que pode ter causado um aumento no teor de umidade do painel.

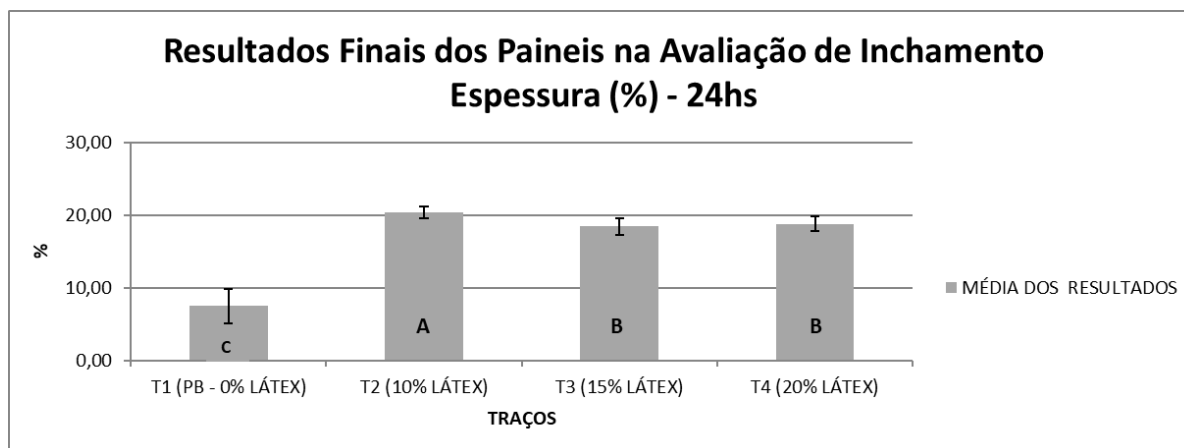
Na presente pesquisa, o inverso pode ter acontecido quando comparado com os resultados de Silva *et al.* (2019). O efeito causado para justificar a redução do teor de umidade com a adição de látex pode estar relacionado a baixa ligação interna (evidenciados pelos resultados de tração perpendicular), o menor entrelaçamento entre as fibras, bem como a baixa resistência na superfície (evidenciado pelos resultados de tração superficial) ocasionando o desprendimento de vapor de água para o exterior.

5.6. Ensaio de inchamento em espessura 24hs

A norma NBR 15316-2 (2015) estabelece como limite máximo o valor de 12% nos ensaios de inchamento em espessura 24hs. onde somente o traço T1 atendeu este requisito, com 7,46%, os demais apresentaram valores superiores ao valor máximo pré-estabelecido. O traço T2 apresentou 20,41%, o traço T3 18,45% e o traço T4 com o maior valor de 18,81%. Nota-se que entre os traços aditivados não houveram variações expressivas dos resultados médios,

havendo uma leve redução nos traços T3 e T4 quando comparados com o traço T2. Na Figura 38 são evidenciados os resultados médios.

Figura 38. Resultados dos ensaios na avaliação de inchamento em espessura 24hs.



Fonte: (Autor)

Em relação aos testes estatísticos Anova, os traços apresentaram diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade (valor de $p = 0,0000$ / $F = 203,6272$ / $F\text{-crit} = 2,8164$), mostrando que a adição do aditivo látex é um fator determinante nas características físicas dos painéis no que diz respeito ao teste de inchamento em espessura. O teste Tukey apresentou a formação de três grupos distintos, com o traço T1 isolado no grupo C, o traço T2 também isolado no grupo A, e os traços T3 e T4 formados pelo mesmo grupo B e considerados equivalentes estatisticamente. A formação de grupos distintos consolida o fato do distanciamento em demasia dos resultados apresentados.

Hansted *et al.* (2019) avaliou as propriedades físicas de painéis de aglomerados de partículas de média densidade (MDP) após a adição de várias proporções de nanocelulose no adesivo de ureia-formaldeído (UF) na produção de painéis. Nota-se que os resultados dos painéis aditivados com nanocelulose também proporcionou o aumento indesejado do inchamento do painel, chegando na condição mais desfavorável a 16,83% no traço 4 com 100% de solução de nanocelulose.

Bueno (2019) relata em sua pesquisa que todos os traços desenvolvidos tiveram um resultado inferior ao valor máximo especificado pela norma, com o traço T4 tendo o resultado mais insatisfatório, com 9,83% de inchamento, seguido pelo traço T5 com 9,05%, tendo na sequência os traços T3, T2 e T1 com 8,97%, 8,52%, 7,72% respectivamente. Nota-se que ao acrescentar fibras de coco se aumenta o inchamento em espessura nos painéis desenvolvidos

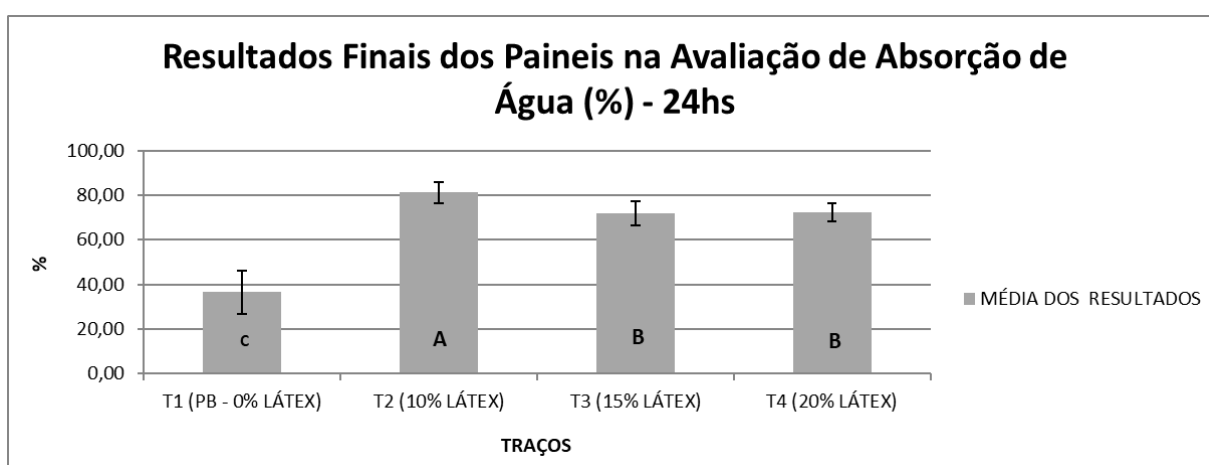
em laboratório e, que excluindo o traço T4, todos os outros painéis tiveram um desempenho melhor que o traço T5 (painel comercial).

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. Para que houvesse esse aumento de espessura o painel não criou mecanismos que impedissem a expansão das fibras, ou seja, a ligação entre as fibras não foram suficientes para impedir seu espaçamento, possivelmente ocasionada pela baixa adesividade ocasionada pela adição do látex.

5.7. Ensaio de absorção de água 24hs

A ABNT através da norma NBR 15316-2 (2015) não estabelece e nem menciona este ensaio e seus critérios mínimos, porém os fabricantes de painéis adotam como forma de controle, principalmente para enfatizar os resultados dos ensaios de inchamento em espessura, tendo em vista que o comportamento dos resultados em ambos os casos tende a ser equivalentes (EUGENIO 2016). Na presente pesquisa é visível que a adição do aditivo látex impulsionou a elevação dos resultados insatisfatório nos traços T2, T3 e T4. O traço T1 apresentou 28,51%, os traços T2, T3 e T4 apresentaram valores de 81,22%, 71,78% e 72,30% respectivamente. Na Figura 39 são demonstrados os resultados médios dos ensaios de absorção de água.

Figura 39. Resultados finais dos ensaios de avaliação de absorção de água.



Fonte: (Autor)

Quanto aos testes estatísticos Anova, os traços apresentaram diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade (valor de $p = 0,0001$ / $F = 62,19$ / $F\text{-crit} = 4,26$), mostrando que a combinação entre o adesivo UF juntamente com o aditivo látex é um fator determinante nas características físicas dos painéis. O teste Tukey, assim como no ensaio de inchamento em espessura, apresentou a formação de três grupos distintos, com o traço T1 isolado no grupo C, o traço T2 também isolado no grupo A, e os traços T3 e T4 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.

Na pesquisa de Belini (2010) mostra que nos resultados de resistência à tração perpendicular e absorção de água 24 h houve correlação estatisticamente significativa para os painéis MDF de laboratório. Na presente pesquisa é possível concluir que os resultados comparados por Belini (2010) também tiveram o mesmo comportamento, a aplicação do aditivo látex trouxe resultados negativos nos dois ensaios.

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

Eleotério (2000) afirma que a absorção de água determina o inchamento do corpo de prova, o que explica a correlação entre estas duas variáveis. Ainda na mesma pesquisa o autor afirma que o comportamento da absorção de água também se apresentou de maneira semelhante ao inchamento em espessura.

Um fator importante descrito por Eleotério (2000) é que a densidade da camada externa do painel atua como uma barreira a entrada de água e assim impedindo o inchamento em espessura, conseqüentemente diminuindo a absorção de água. Esta afirmação também é realizada de forma retórica por Kollmann et. al. (1975), descrevendo que em aglomerados a densidade da camada externa proporciona a redução da absorção de água pelo painel.

Assim como descrito nos resultados dos ensaios de inchamento em espessura, é possível afirmar que o fato do painel não apresentar boas condições de ligação entre as fibras quando aditivado com látex, desencadeou uma série de outros resultados desfavoráveis, entre eles a abertura para entrada de água nos painéis.

Tabela 2. Resultados consolidados dos ensaios físicos e mecânicos

RESULTADOS DOS ENSAIOS FÍSICOS E MECÂNICOS						
ENSAIOS		VARIÁVEIS	PAINÉIS			
			T1	T2	T3	T4
FÍSICOS	UMIDADE (%)	MÁXIMO	7,37	7,33	7,22	7,07
		MÉDIA	7,28	7,07	7,01	6,85
		MÍNIMO	7,14	6,86	6,79	6,69
		DESVIO PADRÃO	0,08	0,16	0,17	0,13
	INCHAMENTO ESPESSURA (%) - 24hs	MÁXIMO	13,20	21,66	20,24	20,27
		MÉDIA	7,46	20,41	18,45	18,81
		MÍNIMO	5,80	18,96	16,85	17,45
		DESVIO PADRÃO	2,30	0,82	1,18	0,98
	ABSORÇÃO DE ÁGUA (%) - 24hs	MÁXIMO	59,85	88,98	83,13	79,02
		MÉDIA	36,48	81,22	71,78	72,30
		MÍNIMO	26,94	72,39	65,09	65,64
		DESVIO PADRÃO	9,62	4,75	5,49	4,06
	DENSIDADE (kg/m ³)	MÁXIMO	787,00	781,00	773,00	769,00
		MÉDIA	749,33	750,25	744,00	743,75
		MÍNIMO	700,00	717,00	703,00	669,00
		DESVIO PADRÃO	29,94	18,51	21,72	28,86
MECÂNICOS	MOR (kg/cm ²)	MÁXIMO	410,00	318,70	342,40	369,10
		MÉDIA	374,98	317,58	335,68	359,08
		MÍNIMO	330,70	316,20	323,00	348,30
		DESVIO PADRÃO	34,34	1,08	8,96	11,16
	MOE (kg/cm ²)	MÁXIMO	38.909,30	34.049,00	35.978,40	34.694,80
		MÉDIA	37.318,30	33.140,48	33.103,30	34.030,83
		MÍNIMO	35.496,90	31.822,10	31.439,00	32.841,50
		DESVIO PADRÃO	1.845,88	1.037,64	2.054,35	815,14
	TRAÇÃO PERPENDICULAR (kg/cm ²)	MÁXIMO	8,10	5,10	4,40	4,50
		MÉDIA	7,03	4,15	3,73	3,90
		MÍNIMO	5,50	3,20	3,00	3,00
		DESVIO PADRÃO	0,84	0,49	0,44	0,48
	TRAÇÃO SUPERFICIAL (kg/cm ²)	MÁXIMO	17,60	12,70	12,00	12,70
		MÉDIA	15,13	10,72	10,54	9,90
		MÍNIMO	12,40	9,30	9,50	7,70
		DESVIO PADRÃO	1,61	0,94	0,86	1,42

Fonte: (Autor)

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

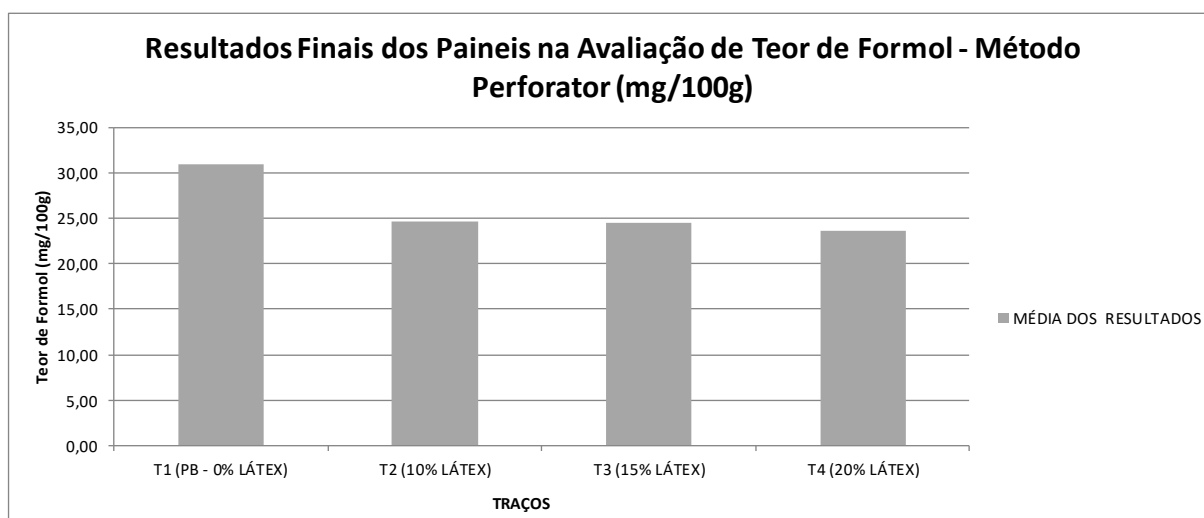
5.8. Avaliação do teor de formol (Método Perforator)

Nas avaliações do teor de formol dos painéis todos os traços aditivados com látex apresentaram redução na emissão de formaldeído. A norma imposta pela NBR 15316-2 (2015) estabelece que para as formulações com adesivo com classe de missão E2 devem apresentar limite que varia de 8 a 30 mg/100g (resultados em mg de formol / 100g do painel seco). O traço T1 apresentou, ainda que de forma discreta, teor de emissão de formol acima do especificado pela NBR, com resultado médio de 30,9 mg/100g, e os traços T2 e T3 apresentaram valores muito próximo entre si, com 24,6 e 24,5 mg/100g respectivamente. Já o traço T4 foi o que apresentou o melhor e menor resultado, ficando com 23,7 mg/100g.

É notável que a adição do aditivo a base de látex natural reduziu de forma positiva os resultados médios de emissão de formol.

Na Figura 40 são apresentadas as médias dos resultados dos ensaios de avaliação do teor de formol, obtidos através do método Perforator.

Figura 40. Resultados dos ensaios de avaliação do teor de formol.



Fonte: (Autor)

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

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 mesmo método utilizado na presente pesquisa (perforator), e comparado com a literatura especializada. Belini et al. (2015) verificou que o aumento da percentagem de bagaço de cana-de-açúcar na matriz fibrosa de eucalipto promoveu redução significativa do teor de formaldeído livre.

Eugênio (2016) produziu de painéis de MDF 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. A pesquisa encontrou nas avaliações de teor de formol dos painéis com adesivo PVA 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). 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.

Belini *et al.* (2015) descreve em sua pesquisa que o teor de umidade do painel pode ajudar a determinar os resultados de emissão de formaldeído. Em sua pesquisa foi notório o aumento da percentagem 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.

Com base nas afirmações de Belini *et al.* (2015), na presente pesquisa podemos admitir que os resultados de emissão de formol dos painéis aditivados com látex poderiam ter sido ainda menores se os resultados dos ensaios de umidade fossem maiores ou equivalente ao traço T1.

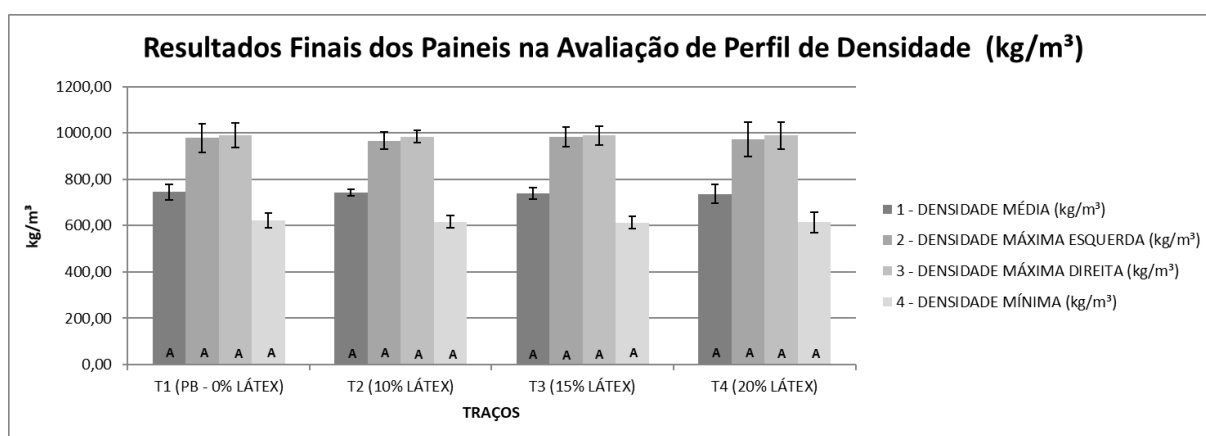
Outro fator que justifica os resultados positivos quando aplicado o látex diz respeito a presença do preservativo a base de amônia (NH_3), componente com conhecida capacidade em sequestrar o formol livre presente no adesivo UF, reduzindo sua emissão para a atmosfera.

5.9. Avaliação do perfil de densidades

Os resultados das densidades ao longo da espessura dos painéis ficaram relativamente próximos. As densidades médias ficaram perto de 740 kg/m³. As densidades máximas nas bordas esquerda em torno de 974 kg/m³, as densidades máximas nas bordas direita apresentaram valores próximo a 987 kg/m³. Já as densidades mínimas ou também denominadas densidades do centro, apresentaram valores em torno de 616 kg/m³. Ficou evidente através dos ensaios que o aditivo látex não interferiu significativamente na determinação da variação da densidade ao longo da espessura dos painéis, podendo ser considerado um aspecto positivo para a pesquisa.

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 (EUGENIO, 2016). Na Figura 41 são ilustrados os resultados dos ensaios na avaliação de perfil de densidade.

Figura 41. Resultados dos ensaios de avaliação de perfil de densidade.



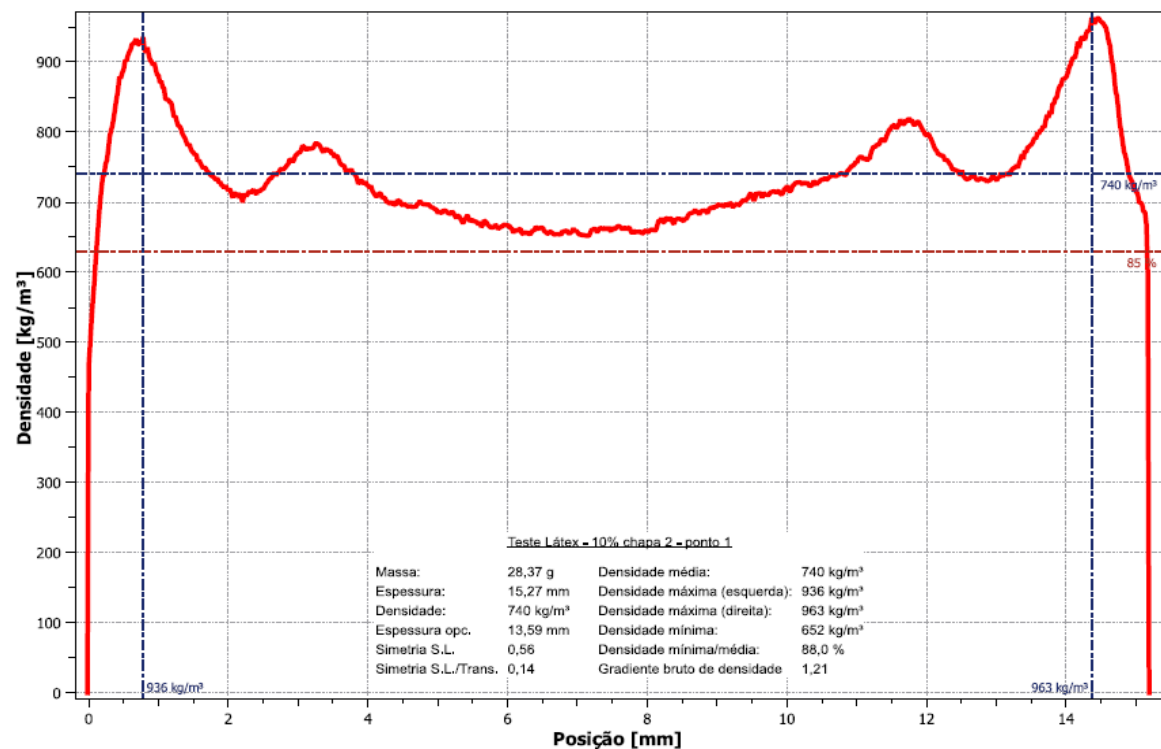
Fonte: (Autor)

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 $p = 0,9496$ / $F = 0,1160$ / $F\text{-crit} = 3,0983$), densidade máxima esquerda (valor de $p = 0,9650$ / $F = 0,0893$ / $F\text{-crit} = 3,0983$), densidade máxima direita (valor de $p = 0,9955$ / $F = 0,0216$ / $F\text{-crit} = 3,0983$), e densidade mínima (valor de $p = 0,9557$ / $F = 0,1057$ / $F\text{-crit} = 3,0983$). 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.

Na Figura 42 é demonstrado um dos ensaios de avaliação de perfil de densidade para uma amostra do traço T2. No eixo Y é apresentado o resultado da densidade em kg/m^3 , e o eixo X representa a espessura da amostra em milímetros. A linha vermelha descreve a variação da densidade ao longo da espessura, onde é observado os picos de densidade nas extremidades da espessura do painel.

Figura 42: Resultado do ensaio de perfil de densidade para uma amostra do traço T2



Fonte: (Autor)

Bueno (2019) aplicou o ensaio de determinação dos perfis de densidades em sua pesquisa. Para o traço T1, 100% fibras de eucalipto, apresentou os picos de densidades máximas com $879,73 \text{ kg/m}^3$ na zona 1 e 897 kg/m^3 na zona 5 e mínima de $553,91 \text{ kg/m}^3$ na zona 3, sendo sua densidade média aferida de $666,71 \text{ kg/m}^3$. Ao se comparar com o ensaio de densidade físico o mesmo ficou com resultado um pouco superior sendo este de $705,83 \text{ kg/m}^3$, com diferença

entre ensaios de $39,12\text{kg/m}^3$. Bueno (2019) justifica a variação de densidade entre as várias regiões da espessura do painel é ocasionada pela influência do aquecimento das zonas 1 e 5 (densidade máxima esquerda e direita respectivamente), que ficam em contato com os pratos da prensa sendo que estas superfícies podem sofrer uma maior conformação que a região central ou zona 3 (densidade mínima) e também maior aquecimento e acúmulo de resina que evapora e se solidifica na mesma.

Neste ensaio foi possível comparar as densidades médias ao longo da espessura com os resultados de densidade específica dos painéis, onde foi possível verificar que as variações foram pouco representativas, o traço T1 apresentou densidade específica de $749,33\text{ kg/m}^3$ e densidade média ao longo da espessura de $745,50\text{ kg/m}^3$, os demais traços T2, T3, e T4, tiveram os seguintes resultados (densidade específica e densidade média ao longo da espessura): $750,25 - 742,00\text{ kg/m}^3$, $744,00 - 737,83\text{ kg/m}^3$, $743,75 - 736,17\text{ kg/m}^3$ respectivamente. Os resultados próximos proporcionaram ainda mais credibilidade ao trabalho e a metodologia empregada na fabricação dos painéis.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa mostrou que é promissor adicionar um aditivo de base vegetal junto aos componentes tradicionais empregados na fabricação MDF, principalmente combinando com o adesivo ureia-formaldeído. Outro aspecto positivo proporcionado pelo trabalho é saber que existe compatibilidade química entre os componentes da formulação, e que a aplicação do produto pelos equipamentos do laboratório foi satisfatória, principalmente no processo de encolagem das fibras (processo de aspersão ocorrido na encoladeira). Na prensagem o painel formulado com a adição do látex se comportou de forma estável.

A qualidade aparente dos painéis aditivados não apresentaram assimetria, ou discordâncias diversas como aspereza, cor ou grumos, quando comparados visualmente com painéis comerciais. Quanto à qualidade tecnológica dos painéis aditivados, com base nos resultados, foi possível comprovar que:

- ✓ A densidade dos traços satisfaz os requisitos da norma NBR 15316-2 (2015) para os painéis de MDF Standard nas condições secas, com destaque para o painel T2, no qual conseguiu atingir a densidade proposta pela formulação.
- ✓ Houveram reduções pouco representativas nos resultados médios do módulo de ruptura (MOR) e módulo de elasticidade (MOE), porém todos os traços atingiram os valores mínimos da NBR 15316-2 (2015).
- ✓ Nos ensaios de tração perpendicular somente o traço T1 (prova em branco) atendeu a especificação da norma, evidenciando que o aditivo teve grande interferência negativa neste resultado.
- ✓ No que diz respeito à tração superficial, embora não seja um requisito da NBR em questão, os traços aditivados com látex também apresentaram resultado desfavorável quando comparados com a PB.
- ✓ Traços produzidos com o aditivo látex apresentaram discreta redução do teor de umidade, mas todos os traços produzidos ficaram dentro do range especificado pela norma;
- ✓ Nas avaliações de inchamento em espessura e absorção de água os traços aditivados com látex proporcionaram o aumento da higroscopicidade dos painéis, elevando a absorção de água e consequentemente o aumento da espessura dos painéis.
- ✓ Na avaliação do teor de formol observou-se redução dos valores de emissão de formaldeído nos traços T2, T3 e mais acentuada no traço T4. Conclui-se que o aumento do látex foi positivo na redução da emissão de formol.

- ✓ As avaliações dos perfis de densidade ao longo da espessura dos painéis demonstraram que não houveram diferenças significativas de variação das densidades na espessura dos painéis entre os diferentes traços, comprovados também pelas análises estatísticas.

7. SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS

Existem várias áreas para desenvolvimento de novos painéis aplicando o aditivo a base de látex, entre eles pode-se citar:

- ✓ Fabricar painéis com aditivo látex variando os parâmetros de prensagem (curva de prensagem, tempo de prensagem, pressão e temperatura), buscando melhoria nas características mecânicas dos painéis.
- ✓ Desenvolver painéis com diferentes teores, até mesmo com outras composições e derivações do aditivo látex.
- ✓ Realizar ensaios químicos exploratórios entre os componentes da formulação e principalmente do aditivo látex (tempo de cura / gel time, pH, viscosidade e penetração).
- ✓ Desenvolver novas formulações, variando os componentes ou as concentrações dos atuais componentes (condição de fibra, emulsão de parafina, catalisadores, reninas);
- ✓ Produzir painéis com aplicação de novos aditivos que compensem as perdas mecânicas e melhore os resultados das características físicas dos painéis produzidos com látex.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. NBR15316: **Chapas de fibra de média densidade**. Parte 1: Terminologia. Rio de janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. NBR15316: **Chapas de fibra de média densidade**. Parte 2: Requisitos. Rio de janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. NBR15316: **Chapas de fibra de média densidade**. Parte 3: Métodos de Ensaio. Rio de janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECÂNICAMENTE – **Estudo setorial 2009 ano base 2008**. Curitiba, 2009, 48p. Disponível em: < <http://www.abimci.com.br/wp-content/uploads/2014/02/2009.pdf>>. Acesso em 20 de abril de 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS – **Anuário estatístico da ABRAF - Ano base 2006**. Brasília. 2007, 81p.

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

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL - BNDES. Área de setores produtivos 1. **Painéis de madeira reconstituída**. BRASÍLIA, 2002, 22p.

BANCO NACIONAL DO DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL – BNDES. Setorial: **Painéis de madeira no Brasil: Panorama de mercado: painéis de madeira**. p.49-90, 2009. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/bibliotecadigital>. Acesso em 21 de abril o 2019

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 20 de abril o 2019.

BARRICHELO, L. E. G. “**O eucalipto no contexto florestal brasileiro**”. Revista Ecologia e Desenvolvimento. v. 5, n. 54, 1995, pág. 23.

BELINI, U. L.; TOMAZZELO FILHO, M. **Avaliação tecnológica de painéis MDF de madeira de Eucalyptus grandis confeccionados em laboratório e em linha de produção industrial**. Ciência Florestal, v.20, n.3, p.493-500, 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cflo/v20n3/1980-5098-cflo-20-03-00493.pdf>>. Acesso em: 01 de junho 2019.

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.

BENADUCE, C. **Fabricação de painéis de média densidade (MDF) a partir de fibras de *Eucalyptus grandis* e *Pinus caribaea* var. *hondurensis*.** 1998. 113p. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia de Madeiras) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1998.

BOM, R., P. **Processo produtivo de painéis de MDF.** Centro universitário de união da vitória – UNIUV. União da Vitória/PR. 2008. Disponível em: < http://engmadeira.yola.site.com/resources/Apostila_MDF.pdf>. Acesso em: 16 de maio 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.

BUENO, M. A. P. **Caracterização Físico, Mecânica e de Usinagem para Compósitos MDF a base de Fibras Lignocelulosicas.** 2019. 259 p. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Bauru, São Paulo, 2019.

BIAZUS, A.; HORA, A., B.; LEITE, B., G., P. **Panorama de mercado: Painéis de madeira.** BNDES setorial. Rio de Janeiro, nº 32, p. 49-90. 2010.

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.

CALEGARI, L., HASELEIN, C., R.; BARROS, M., V.; SCARAVELLI, T., L.; DACOSTA, L., P., E.; PEDRAZZI, C.; HILING, E. **Adição de aparas de papel reciclável na fabricação de chapas de madeira aglomerada.** *Revista Ciência Florestal*, Santa Maria, RS, v. 14, n. 1, p. 193-204. 2004.

CAMPOS, C., I.; LAHR, F., A., R. **Estudo Comparativo dos Resultados de Ensaio de Tração Perpendicular para MDF Produzido em Laboratório com Fibras de *Pinus* e de *Eucalipto* Utilizando Uréia-Formaldeído.** *Revista Matéria*, v. 9, nº 1, p. 29 – 40, 2004.

CAI, Z; MUEHL, J. H.; WINANDY, J. **Effects of panel density and mat moisture content on processing medium density fiberboard.** *Forest Products Journal*. Madison, v. 56, n. 10, p. 20 – 25, Oct. 2006.

CHOW, S. **Adhesive developments in Forest products**. Wood Science and Technology. v. 17, p. 1-11, 1983.

CUNHA, A. B.; GRUBERT, W.; BRAND, M. A.; RIOS, P. A.; BELINI, U. L.; PEREIRA, G. F.; CARVALHO, C. A.; BARNASKY, R. R. S. **Technological properties of particle-boards produced using mixture of pines and bamboo**. Ciência Rural, Santa Maria, v.49, n. 5, 2019.

DUNKY, M.; PIZZI, A. **Wood adhesives**. In: CHAUDHURY, M.; POCIUS, A. V. Adhesive Science and Engineering. Amsterdam: Elsevier, 2002. chap. 23, p. 1039- 1103.

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.

EUGÊNIO, R. A. P.I. **Painéis de médium density fiberboard produzidos com adesivo alternativo** – Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Unesp-Bauru 2016 126 p.

FILHO, P., R. **Painéis aglomerados a base de bagaço de cana-de-açúcar e resinas ureia formaldeído e melamina formaldeído**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP-CETEC-UEMG, Ouro Preto, 2009.

FOREST PRODUCTS LABORATORY. **Wood handbook - Wood as an engineering material**. Gen. Tech. Rep. FPL GTR 113. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture. 463 p. 1999.

FOREST PRODUCT LABORATORY. **Wood handbook: wood as an engineering product**. Washington DC, U.S. Department. of Agriculture, 466p, 1987.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. **Estado Actual de La Informacion Sobre Productos Forestales**. Disponível em: <<http://www.fao.org> >. Acesso em: 25 de maio de 2019.

GANEV, S. et al. **Mechanical properties of MDF as a function of density and moisture content**. Wood and Fiber Science. v. 37, n. 2, p. 314 – 326, 2005.

GARCIA, E. **A aplicação do látex da hevea brasiliensis em produtos têxteis sustentáveis, como material alternativo no design de moda**. 2012. 139f. Dissertação (Mestrado em Design de Moda) – Universidade da Beira Interior, Covilhã, Portugal. 2012. Disponível em: <<https://ubibliorum.ubi.pt/handle/10400.6/1701>>. Acesso em: 13 maio 2019.

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

GONÇALVES, C., A.; LELIS, R., C., C.; BRITO, E., O.; NASCIMENTO, A., M. **Produção de chapas de madeira aglomerada com adesivo uréia-formaldeído modificado com tanino**

de Mimosa caesalpiniaefolia Benthham (sabiá). Revista Floresta e Ambiente, Seropédica, RJ, v. 10, n.1, p.18 - 26, jan./jul., 2003.

HILLING, E.; HASELEIN, C., R.; SANTINI, E., J. **Propriedades mecânicas de chapas aglomeradas estruturais fabricadas com madeiras de pinus, eucalipto e Acácia-negra.** Revista Ciência Florestal, Santa Maria, RS, v. 12, n. 1, p. 59-70, 2002.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES - IBÁ - **Relatório Anuário Estatístico da IBÁ - Ano base 2016.** Brasília. 2017, 80p.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES - IBÁ – **Sumário executivo - Ano base 2017.** Brasília. 2018, 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.

KOLLMANN, F. F. P.; KUENZI, E. W.; STAMM, A. J. **Principles of Wood Science and Technology . II, Wood Based Materials .** Berlin: Springer-Verlag, 1975.

KOCH, G., S.; KLAREICH, F., EXSTRUM, B. **Adhesives for the composite wood panel industry.** Editora Noyes Data Corporation. New Jersey. U.S.A. 1987.

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

MARGOSIAN, R. **Initial fomaldehyde emission levels for particleboard manufactured in the United Satates.** Forest Products Journal. (Technical note). v. 40, n. 6, p. 19-20, 1990.

MARTINEZ, D., T.; HIGA, A., R.; LINGNAU C.; SILVA, I., C. **Escolha de espécies, planejamento e sistemas de produção para reflorestamento em pequenas propriedades no estado do Paraná.** Curitiba: FUPEF; 2012

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

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>

PIZZI, A.; MITTAL, K., L. **Handbook of Adhesive Technology**, New York: Marcell Deckker, Chapter 19, p. 347-358. 1994

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

RIPPEL, M., M. Caracterização microestrutural de filmes e partículas de látex de borracha natural. 2005. 319 p. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Química, Campinas, SP. Disponível em: <<http://www.repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/250323>>. Acesso em: 5 maio 2018.

ROFFAEL, E. **Die Formaldehydabgabe von Spanplatten und anderen Holzwerkstoffen**. DRW-Verlag, Stuttgart, 154 p. 1982.

ROFFAEL, E.; SCHNEIDER, A. **Untersuchungen über den Einflub von Kochsalz als Bindemittelzusatz auf Eigenschaften von Spanplatten**. Holz-Zentralblatt, Leinfelden, v. 109, n. 103, p. 1414-1415, 1983.

SILVA, A. P. R., FERREIRA, B S., FAVARIM, H. R., SILVA, M. F. F., SILVA, J. V. F., AZAMBUJA, M. A., CAMPOS, C. I. **“Physical Properties of Medium Density Fiberboard Produced with the Addition of ZnO Nanoparticles”** BioResources 14(1), p. 1618-1625. 2019.

STURION, J. A.; BELLOTE, A. F. J. **Implantação de povoamentos florestais com espécies de rápido crescimento**. Galvão APM. Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais. Colombo: Embrapa Florestas; 2000. p. 209-219.

VIANA, M.; B. **O Eucalipto e os efeitos ambientais do seu plantio em escala**. Câmara dos deputados. Brasília. 2004. 29 p

APÊNDICE A

Planilhas dos resultados individuais dos ensaios.

MÓDULO DE RUPTURA (MOR) MÓDULO DE ELASTICIDADE (MOE) NA FLEXÃO ESTÁTICA - (kg/cm ²)								
PAINEL	T1 (PB - 0% LÁTEX)		T2 (10% LÁTEX)		T3 (15% LÁTEX)		T4 (20% LÁTEX)	
	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	330,70	35496,90	318,10	34049,00	323,00	31830,10	348,30	32841,50
	410,00	38909,30	317,30	32805,70	342,40	35978,40	368,30	34694,80
2	367,20	35959,30	316,20	31822,10	341,60	33165,70	350,60	34297,00
	392,00	38907,70	318,70	33885,10	335,70	31439,00	369,10	34290,00
MÁXIMO	410,00	38909,30	318,70	34049,00	342,40	35978,40	369,10	34694,80
MÉDIA	374,98	37318,30	317,58	33140,48	335,68	33103,30	359,08	34030,83
MÍNIMO	330,70	35496,90	316,20	31822,10	323,00	31439,00	348,30	32841,50
DESVIO PADRÃO	34,34	1845,88	1,08	1037,64	8,96	2054,35	11,16	815,14

TRAÇÃO PERPENDICULAR (kg/cm ²)				
PAINEL	T1 (PB - 0% LÁTEX)	T2 (10% LÁTEX)	T3 (15% LÁTEX)	T4 (20% LÁTEX)
1	5,50	3,80	3,10	3,10
	6,40	4,20	3,30	4,20
	7,20	4,40	4,20	3,80
	7,10	4,10	3,90	4,30
	8,10	3,90	4,40	3,60
	8,10	4,10	3,90	3,80
2	6,40	4,60	3,70	3,00
	5,90	4,10	3,50	4,10
	7,10	5,10	4,20	3,80
	7,10	3,70	3,70	4,40
	7,50	4,60	3,90	4,20
	7,90	3,20	3,00	4,50
MÁXIMO	8,10	5,10	4,40	4,50
MÉDIA	7,03	4,15	3,73	3,90
MÍNIMO	5,50	3,20	3,00	3,00
DESVIO PADRÃO	0,84	0,49	0,44	0,48

TRAÇÃO SUPERFICIAL (kg/cm ²)				
PAINEL	T1 (PB - 0% LÁTEX)	T2 (10% LÁTEX)	T3 (15% LÁTEX)	T4 (20% LÁTEX)
1	16,30	10,00	9,50	10,70
	12,40	9,30	9,70	9,40
	17,60	10,70	11,00	10,60
	16,20	12,70	10,20	11,00
	13,40	10,10	12,00	9,10
	14,00	10,10	11,90	12,70
2	14,80	10,30	11,10	7,70
	13,40	11,50	9,80	9,30
	16,00	11,10	10,40	11,00
	14,40	10,20	9,90	10,30
	16,60	10,70	10,20	7,90
	16,40	11,90	10,40	9,10
MÁXIMO	17,60	12,70	12,00	12,70
MÉDIA	15,13	10,72	10,51	9,90
MÍNIMO	12,40	9,30	9,50	7,70
DESVIO PADRÃO	1,61	0,94	0,83	1,42

UMIDADE (%)				
PAINEL	T1 (PB - 0% LÁTEX)	T2 (10% LÁTEX)	T3 (15% LÁTEX)	T4 (20% LÁTEX)
1	7,28	6,86	6,89	6,88
	7,32	6,97	6,79	6,88
	7,30	7,17	7,17	7,07
2	7,24	7,07	7,07	6,69
	7,14	7,04	6,94	6,79
	7,37	7,33	7,22	6,81
MÁXIMO	7,37	7,33	7,22	7,07
MÉDIA	7,28	7,07	7,01	6,85
MÍNIMO	7,14	6,86	6,79	6,69
DESVIO PADRÃO	0,08	0,16	0,17	0,13

INCHAMENTO ESPESSURA (%) - 24hs				
PAINEL	T1 (PB - 0% LÁTEX)	T2 (10% LÁTEX)	T3 (15% LÁTEX)	T4 (20% LÁTEX)
1	9,37	21,22	19,89	19,46
	13,20	21,31	20,01	20,16
	6,25	18,96	17,00	18,27
	6,88	19,97	18,05	17,45
	5,82	20,16	16,85	19,01
	5,80	19,80	17,92	18,27
3	8,63	20,86	19,58	20,13
	9,60	21,66	20,24	20,27
	6,10	19,64	17,78	18,29
	5,96	21,15	18,36	17,92
	6,12	20,00	17,68	18,65
	5,81	20,21	18,07	17,86
MÁXIMO	13,20	21,66	20,24	20,27
MÉDIA	7,46	20,41	18,45	18,81
MÍNIMO	5,80	18,96	16,85	17,45
DESVIO PADRÃO	2,30	0,82	1,18	0,98

ABSORÇÃO DE ÁGUA (%) - 24hs				
PAINEL	T1 (PB - 0% LÁTEX)	T2 (10% LÁTEX)	T3 (15% LÁTEX)	T4 (20% LÁTEX)
1	43,65	81,39	74,10	76,71
	59,85	88,90	83,13	75,05
	30,67	78,33	67,82	70,94
	34,47	79,38	68,60	65,64
	29,80	81,77	65,85	75,73
	26,94	78,82	65,09	69,72
2	40,74	83,31	75,74	79,02
	47,14	88,98	78,76	74,19
	30,94	76,28	67,94	67,98
	30,89	81,74	72,27	70,06
	31,58	72,39	68,74	74,01
	31,10	83,34	73,34	68,49
MÁXIMO	59,85	88,98	83,13	79,02
MÉDIA	36,48	81,22	71,78	72,30
MÍNIMO	26,94	72,39	65,09	65,64
DESVIO PADRÃO	9,62	4,75	5,49	4,06

DENSIDADE (kg/m³)				
PAINEL	T1 (PB - 0% LÁTEX)	T2 (10% LÁTEX)	T3 (15% LÁTEX)	T4 (20% LÁTEX)
1	711,00	736,00	703,00	704,00
	718,00	755,00	717,00	741,00
	761,00	758,00	749,00	751,00
	772,00	758,00	758,00	769,00
	787,00	753,00	773,00	755,00
	781,00	750,00	758,00	754,00
2	700,00	740,00	732,00	669,00
	717,00	726,00	747,00	754,00
	753,00	781,00	763,00	750,00
	764,00	753,00	758,00	764,00
	774,00	776,00	753,00	748,00
	754,00	717,00	717,00	766,00
MÁXIMO	787,00	781,00	773,00	769,00
MÉDIA	749,33	750,25	744,00	743,75
MÍNIMO	700,00	717,00	703,00	669,00
DESVIO PADRÃO	29,94	18,51	21,72	28,86

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
T1 (PB - 0% LÁTEX)	709,00	930,00	912,00	584,00	82,37
	773,00	1033,00	1024,00	633,00	81,89
	780,00	1028,00	1020,00	674,00	86,41
	699,00	875,00	936,00	593,00	84,84
	762,00	1010,00	1043,00	623,00	81,76
	750,00	991,00	1005,00	631,00	84,13
MÁXIMO	780,00	1033,00	1043,00	674,00	86,41
MÍNIMO	699,00	875,00	912,00	584,00	81,76
MÉDIA	745,50	977,83	990,00	623,00	83,57
DESVIO PADRÃO	33,86	62,66	53,08	32,21	1,87
T2 (10% LÁTEX)	737,00	950,00	986,00	635,00	86,16
	757,00	1017,00	1018,00	629,00	83,09
	748,00	983,00	985,00	613,00	81,95
	740,00	936,00	963,00	652,00	88,11
	753,00	991,00	1005,00	596,00	79,15
	717,00	920,00	944,00	575,00	80,20
MÁXIMO	757,00	1017,00	1018,00	652,00	88,11
MÍNIMO	717,00	920,00	944,00	575,00	79,15
MÉDIA	742,00	966,17	983,50	616,67	83,11
DESVIO PADRÃO	14,39	36,84	26,99	27,98	3,46
T3 (15% LÁTEX)	702,00	952,00	919,00	602,00	85,75
	755,00	1022,00	1019,00	612,00	81,06
	759,00	1017,00	991,00	627,00	82,61
	731,00	953,00	990,00	636,00	87,00
	760,00	1022,00	1035,00	636,00	83,68
	720,00	927,00	976,00	564,00	78,33
MÁXIMO	760,00	1022,00	1035,00	636,00	87,00
MÍNIMO	702,00	927,00	919,00	564,00	78,33
MÉDIA	737,83	982,17	988,33	612,83	83,07
DESVIO PADRÃO	24,01	42,87	40,22	27,48	3,15
T4 (20% LÁTEX)	702,00	929,00	933,00	568,00	80,91
	769,00	1034,00	1028,00	631,00	82,05
	750,00	995,00	998,00	644,00	85,87
	668,00	839,00	897,00	554,00	82,93
	763,00	1028,00	1034,00	625,00	81,91
	765,00	1010,00	1040,00	665,00	86,93
MÁXIMO	769,00	1034,00	1040,00	665,00	86,93
MÍNIMO	668,00	839,00	897,00	554,00	80,91
MÉDIA	736,17	972,50	988,33	614,50	83,43
DESVIO PADRÃO	41,56	75,48	59,71	43,88	2,41

APÊNDICE B

Relatórios dos resultados dos ensaios.

APÊNDICE C

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



Código:

IB088

216

Produção:

150LAB

Teste: Data de teste:

20/09/2018 10:53:26

Linha:**Data de produção:**

09/08/2018 09:00:00

Lote: Usuário:

Netto

Turno:**Cliente**

Planta Piloto

Classe: Revisão:

Não

Comentário:

Prova em branco (Látex Pinholati) - Chapa 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			49.98	15.92				93.1	330.7
2			50.06	16.05				117.5	410.0
Média			50.02	15.98				105.3	370.4
Des. Pad.			0.06	0.09				17.25	56.07
Variação			0.00	0.01				297.68	3143.41
Min.			49.98	15.92				93.1	330.7
Máx.			50.06	16.05				117.5	410.0
L5%									
U5%									
Min. Limit				15.40		740	11.52		210.0
Max. Limit				16.30		800	12.16		22500.0
Amostras			2	2				2	2

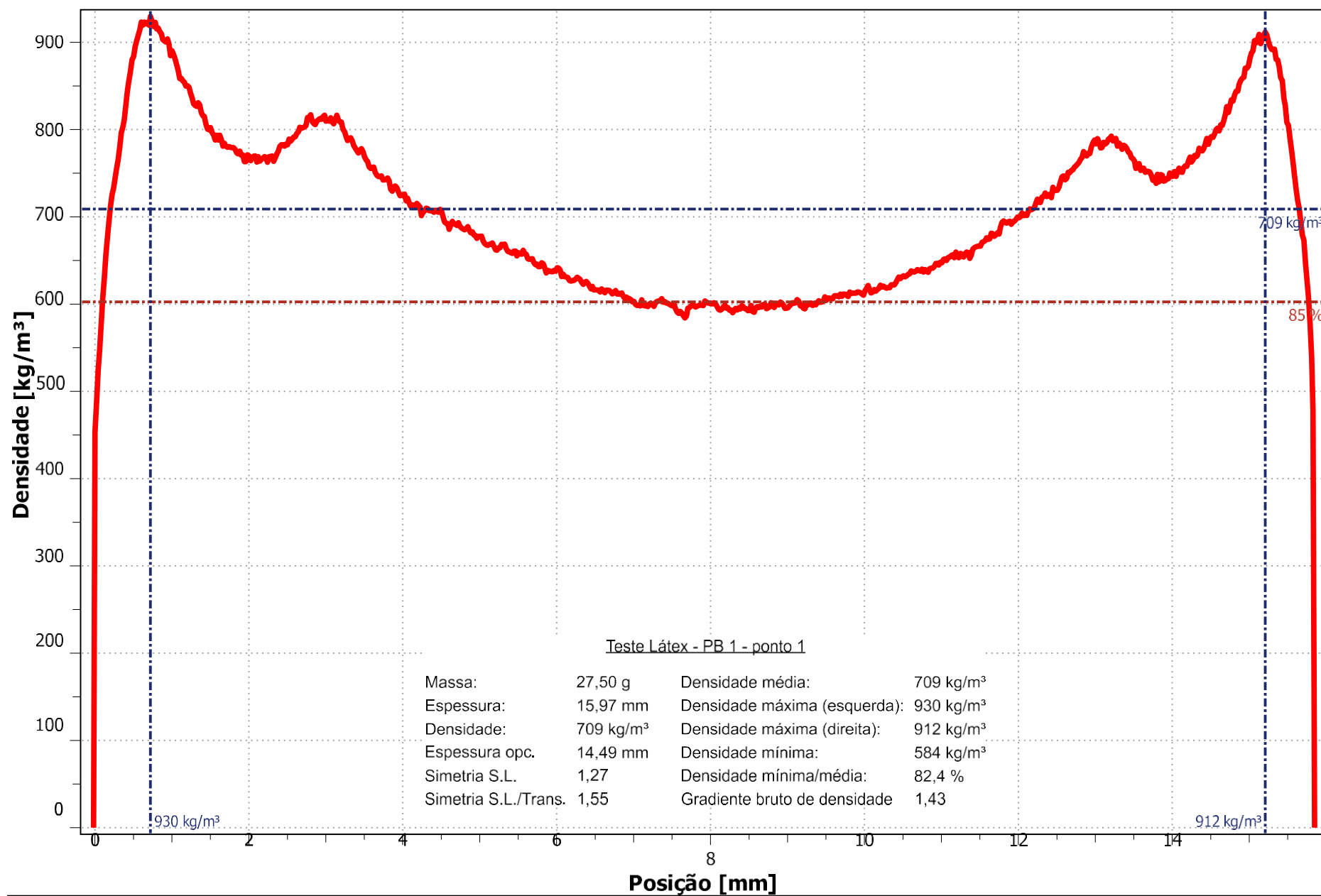
Tracção								
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Força Kg	Tracção Kg/cm²
1	48.59	49.80	15.97	27.48	711	11.36	134.0	5.5
2	49.62	49.79	15.56	27.60	718	11.17	157.7	6.4
3	49.50	49.84	16.08	30.18	761	12.23	177.4	7.2
4	49.57	49.91	15.89	30.36	772	12.27	174.5	7.1
5	49.68	49.96	16.02	31.30	787	12.61	201.3	8.1
6	49.32	49.83	15.48	29.70	781	12.08	199.4	8.1
Média	49.38	49.86	15.83	29.44	755	11.95	174.0	7.1
Des. Pad.	0.41	0.07	0.25	1.56	32.64	0.57	25.57	1.00
Variação	0.17	0.00	0.06	2.43	1065.07	0.32	653.59	1.00
Min.	48.59	49.79	15.48	27.48	711	11.17	134.0	5.5
Máx.	49.68	49.96	16.08	31.30	787	12.61	201.3	8.1
L5%			14.79		705	11.17		6.2
U5%			16.88		805	12.74		7.9
Min. Limit			15.40		740	11.52		5.6
Max. Limit			16.30		800	12.16		
Amostras	6	6	6	6	6	6	6	6

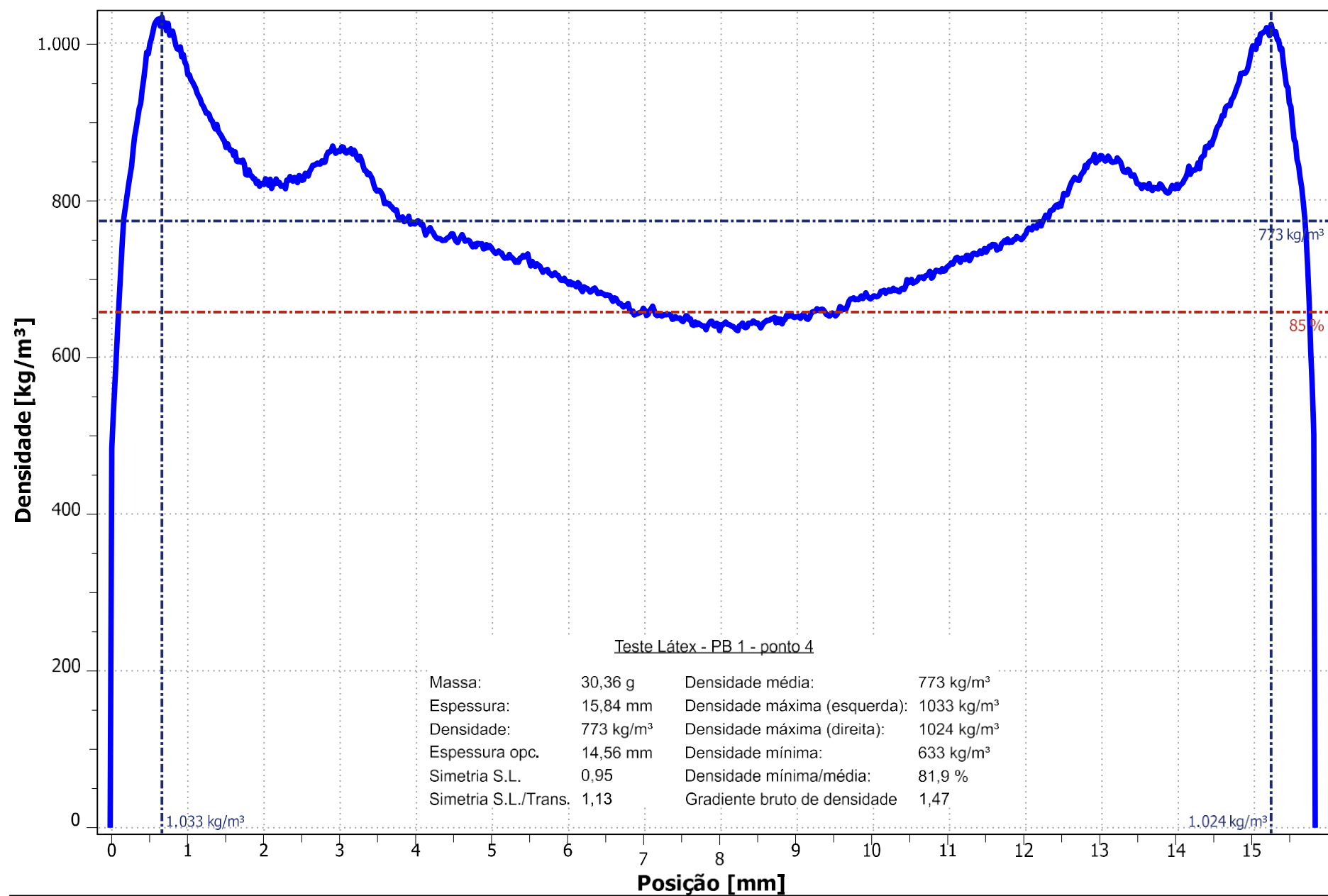
Tracção superficial								
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Força Kg	Tracção Superficial Kg/cm²
1							162.6	16.3
2							124.3	12.4
3							175.6	17.6
4							161.7	16.2
5							133.8	13.4
6							140.0	14.0
Média							149.7	15.0
Des. Pad.							19.87	1.99
Variação							394.65	3.95
Min.							124.3	12.4
Máx.							175.6	17.6
L5%								13.3
U5%								16.6
Min. Limit			15.40		740	11.52		12.2
Max. Limit			16.30		800	12.16		
Amostras							6	6

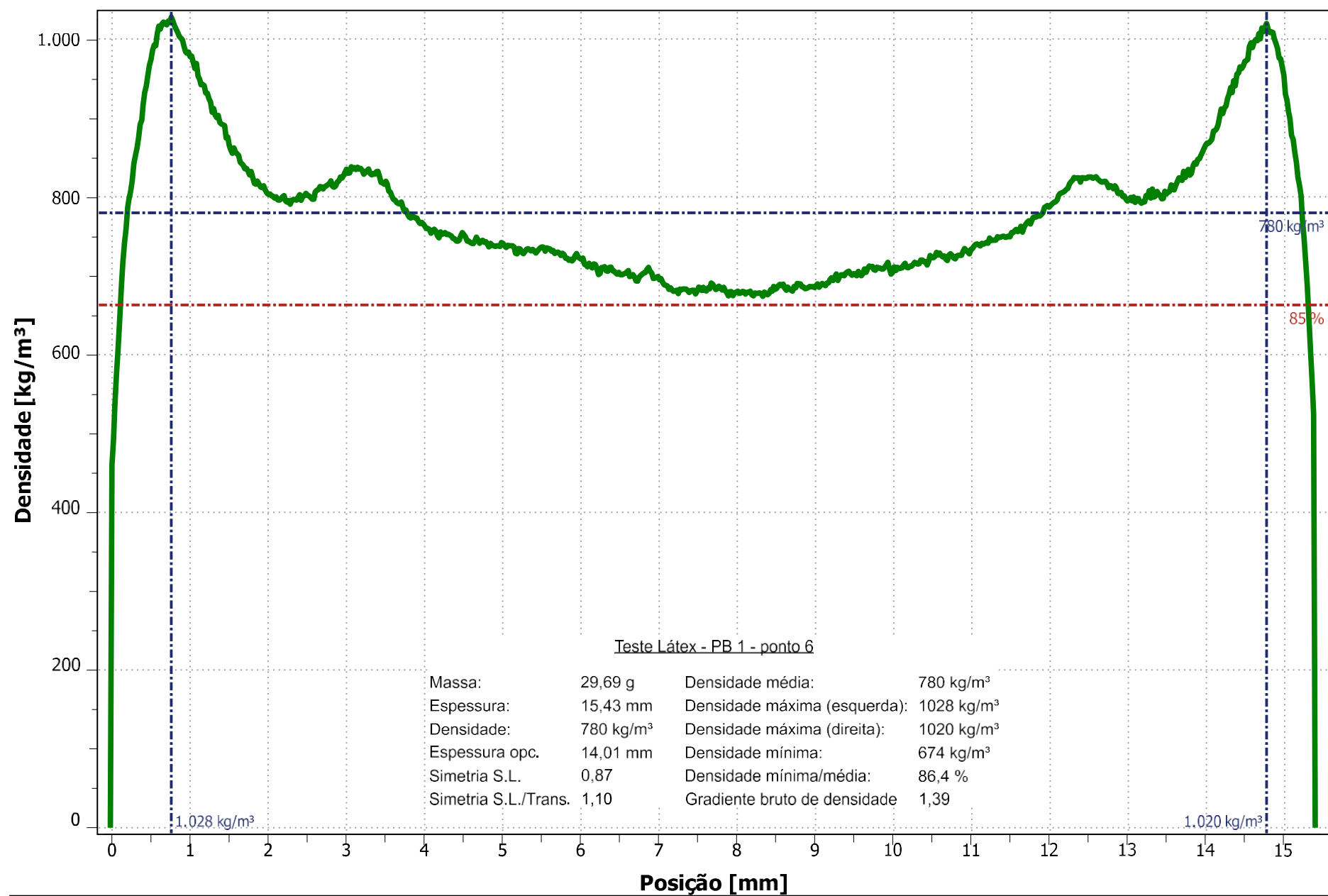
Humidade								
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Peso seco g	Humidade %
1				0.00	0	0.00		
2				29.78	794	11.91	27.76	7.28
3				30.78	821	12.31	28.68	7.32
Média				20.19	538	8.07	28.22	7.30
Des. Pad.				17.49	466.38	7.00	0.65	0.03
Variação				305.88	217511.9	48.94	0.42	0.00
Min.							27.76	7.28
Máx.				30.78	821	12.31	28.68	7.32
L5%								
U5%								
Min. Limit			15.40		740	11.52		4.00
Max. Limit			16.30		800	12.16		11.00
Amostras				3	3	3	2	2

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			16.01	29.67	741	11.87		17.51		9.37
2			15.38	26.95	701	10.78		17.41		13.20
3			16.00	30.36	759	12.14		17.00		6.25
4			15.69	29.53	753	11.81		16.77		6.88
5			15.98	30.70	768	12.28		16.91		5.82
6			15.69	29.99	765	12.00		16.60		5.80
Média			15.79	29.53	748	11.81		17.03		7.89
Des. Pad.			0.25	1.34	24.90	0.54		0.36		2.92
Variação			0.06	1.79	619.95	0.29		0.13		8.55
Min.			15.38	26.95	701	10.78		16.60		5.80
Máx.			16.01	30.70	768	12.28		17.51		13.20
L5%			14.75		699	11.03				5.48
U5%			16.83		797	12.59				10.30
Min. Limit			15.40		740	11.52				
Max. Limit			16.30		800	12.16				12.00
Amostras			6	6	6	6		6		6

Absorção										
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m ³	Peso por superfície Kg/m ²	Peso 2 h g	Peso 24 h g	Absorção 2 h %	Absorção 24 h %
1			16.01	29.67	741	11.87		42.62		43.65
2			15.38	26.95	701	10.78		43.08		59.85
3			16.00	30.36	759	12.14		39.67		30.67
4			15.69	29.53	753	11.81		39.71		34.47
5			15.98	30.70	768	12.28		39.85		29.80
6			15.69	29.99	765	12.00		38.07		26.94
Média			15.79	29.53	748	11.81		40.50		37.56
Des. Pad.			0.25	1.34	24.90	0.54		1.94		12.36
Variação			0.06	1.79	619.95	0.29		3.76		152.78
Min.			15.38	26.95	701	10.78		38.07		26.94
Máx.			16.01	30.70	768	12.28		43.08		59.85
L5%			14.75		699	11.03				27.37
U5%			16.83		797	12.59				47.76
Min. Limit			15.40		740	11.52				
Max. Limit			16.30		800	12.16				
Amostras			6	6	6	6		6		6









Código:

IB088

217

Produção:

150LAB

Teste: Data de teste:

20/09/2018 10:55:27

Linha:**Data de produção:**

09/08/2018 10:00:00

Lote: Usuário:

Netto

Turno:**Cliente**

Planta Piloto

Classe: Revisão:

Não

Comentário:

Prova em branco (Látex Pinholati) - Chapa 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			50.00	16.05				105.1	367.2
2			50.07	16.23				114.9	392.0
Média			50.03	16.14				110.0	379.6
Des. Pad.			0.05	0.13				6.93	17.56
Variação			0.00	0.02				48.02	308.39
Min.			50.00	16.05				105.1	367.2
Máx.			50.07	16.23				114.9	392.0
L5%									
U5%									
Min. Limit				15.40		740	11.52		210.0
Max. Limit				16.30		800	12.16		22500.0
Amostras			2	2				2	2

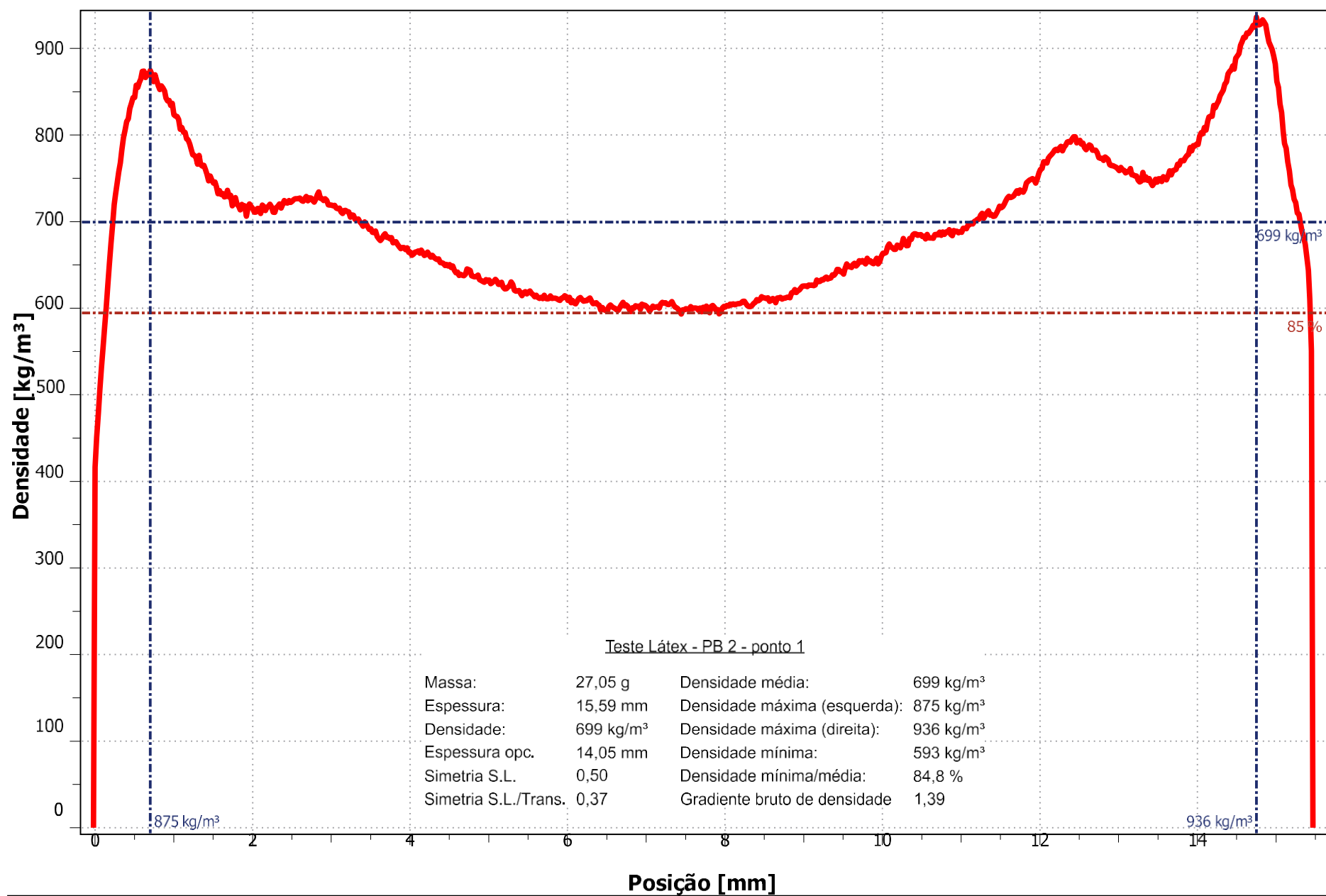
Tracção								
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Força Kg	Tracção Kg/cm²
1	49.78	49.81	15.59	27.06	700	10.91	157.5	6.4
2	49.55	49.90	15.98	28.32	717	11.45	147.1	5.9
3	49.64	49.91	15.89	29.64	753	11.96	175.1	7.1
4	49.44	49.94	16.15	30.48	764	12.34	174.9	7.1
5	49.69	49.95	16.01	30.77	774	12.40	186.8	7.5
6	49.86	49.80	15.89	29.73	754	11.97	196.2	7.9
Média	49.66	49.89	15.92	29.33	744	11.84	172.9	7.0
Des. Pad.	0.15	0.06	0.19	1.40	28.92	0.57	18.15	0.72
Variação	0.02	0.00	0.04	1.97	836.32	0.32	329.55	0.52
Min.	49.44	49.80	15.59	27.06	700	10.91	147.1	5.9
Máx.	49.86	49.95	16.15	30.77	774	12.40	196.2	7.9
L5%			14.87		695	11.06		6.4
U5%			16.97		793	12.62		7.6
Min. Limit			15.40		740	11.52		5.6
Max. Limit			16.30		800	12.16		
Amostras	6	6	6	6	6	6	6	6

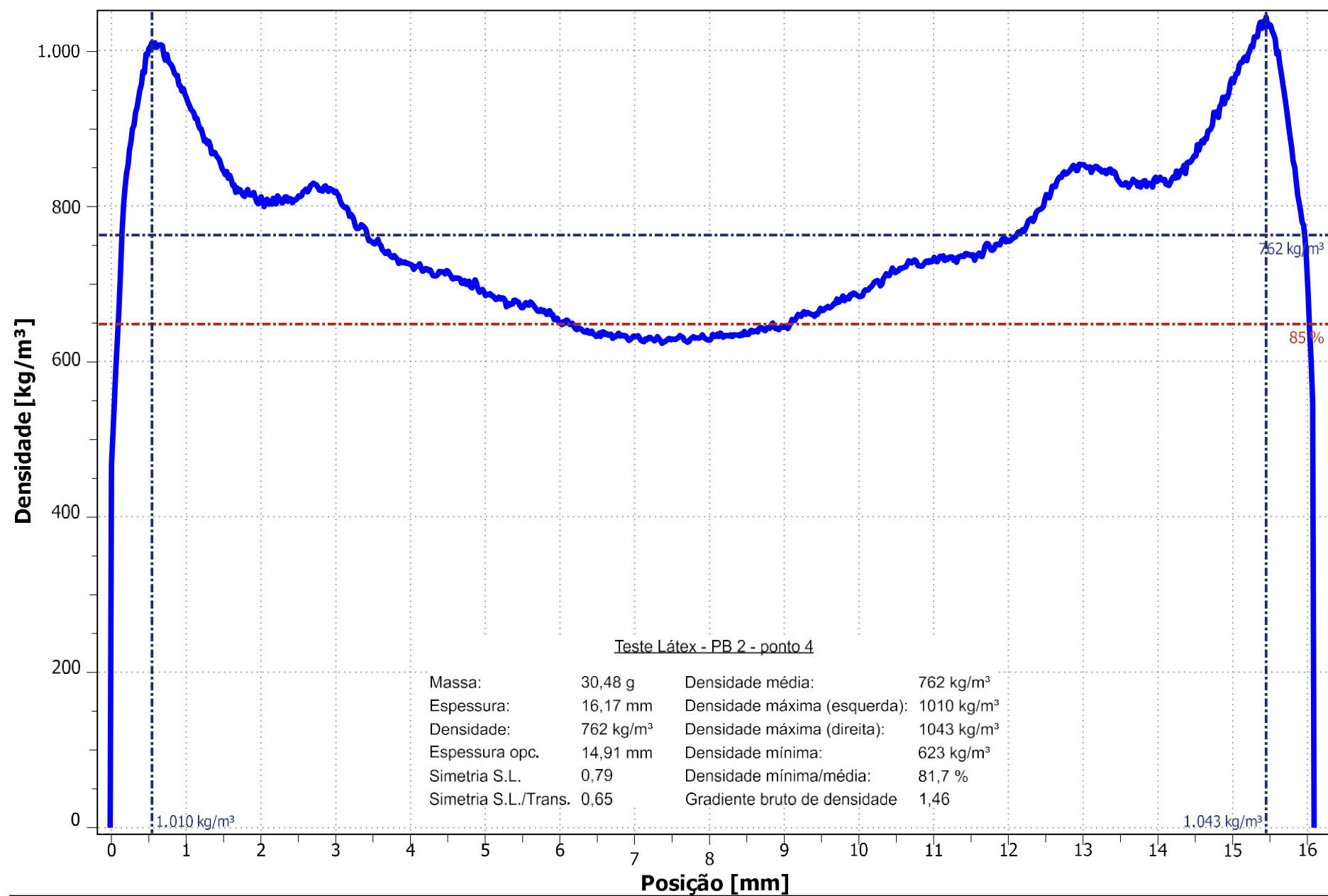
Tracção superficial								
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Força Kg	Tracção Superficial Kg/cm²
1							148.1	14.8
2							133.9	13.4
3							160.2	16.0
4							144.3	14.4
5							165.5	16.6
6							163.7	16.4
Média							152.6	15.3
Des. Pad.							12.54	1.25
Variação							157.24	1.57
Min.							133.9	13.4
Máx.							165.5	16.6
L5%								14.2
U5%								16.3
Min. Limit			15.40		740	11.52		12.2
Max. Limit			16.30		800	12.16		
Amostras							6	6

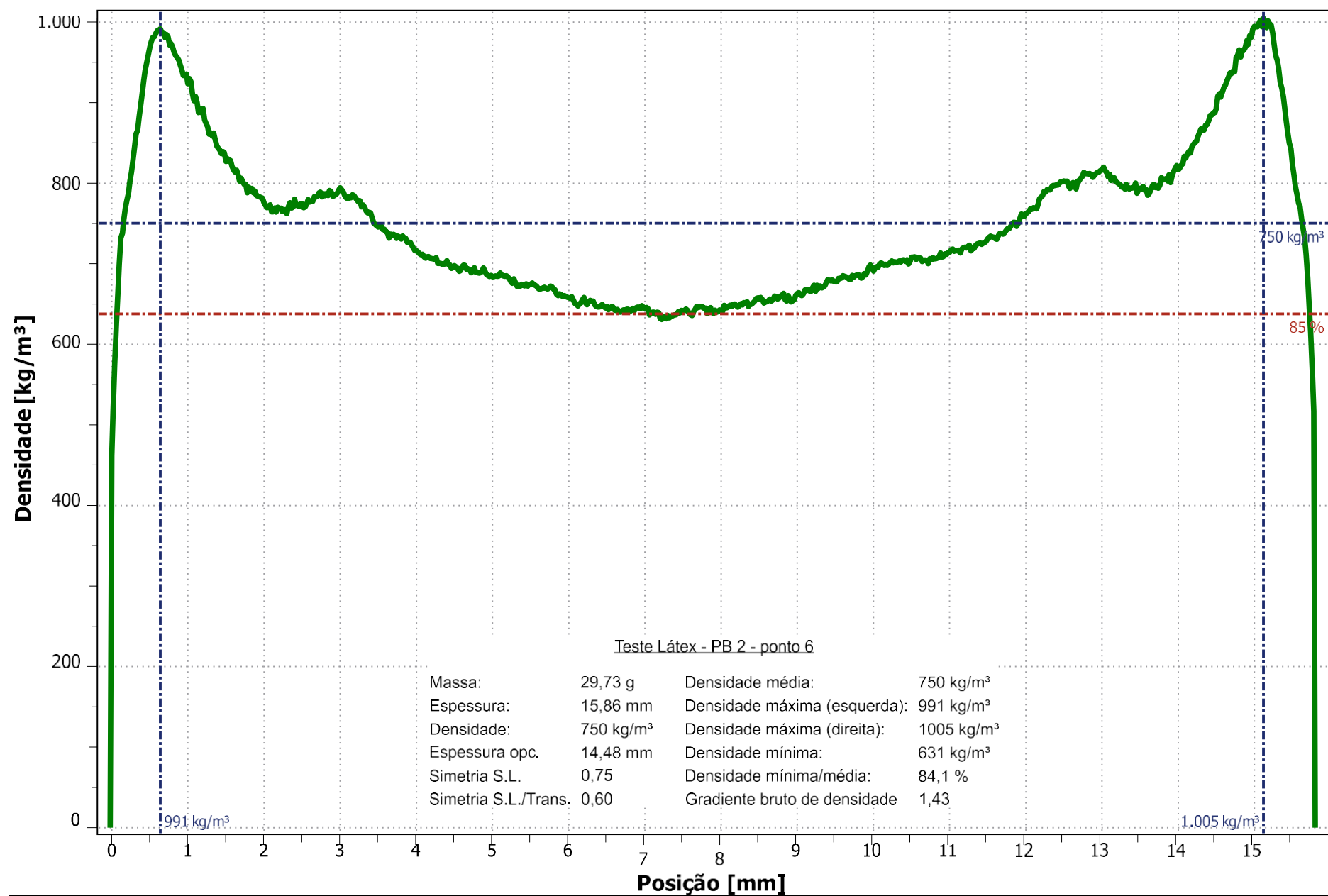
Humidade								
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Peso seco g	Humidade %
1				28.88	770	11.55	26.93	7.24
2				28.80	768	11.52	26.88	7.14
3				31.05	828	12.42	28.92	7.37
Média				29.58	789	11.83	27.58	7.25
Des. Pad.				1.28	34.04	0.51	1.16	0.11
Variação				1.63	1158.85	0.26	1.35	0.01
Min.				28.80	768	11.52	26.88	7.14
Máx.				31.05	828	12.42	28.92	7.37
L5%								
U5%								
Min. Limit			15.40		740	11.52		4.00
Max. Limit			16.30		800	12.16		11.00
Amostras				3	3	3	3	3

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			15.76	27.66	702	11.06		17.12		8.63
2			15.94	27.64	694	11.06		17.47		9.60
3			16.06	30.41	757	12.16		17.04		6.10
4			16.11	30.53	758	12.21		17.07		5.96
5			15.85	30.34	766	12.14		16.82		6.12
6			16.02	30.87	771	12.35		16.95		5.81
Média			15.96	29.58	741	11.83		17.08		7.04
Des. Pad.			0.13	1.50	34.12	0.60		0.22		1.64
Variação			0.02	2.26	1164.15	0.36		0.05		2.70
Min.			15.76	27.64	694	11.06		16.82		5.81
Máx.			16.11	30.87	771	12.35		17.47		9.60
L5%			14.90		692	11.05				5.68
U5%			17.01		790	12.61				8.39
Min. Limit			15.40		740	11.52				
Max. Limit			16.30		800	12.16				12.00
Amostras			6	6	6	6		6		6

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			15.76	27.66	702	11.06		38.93		40.74
2			15.94	27.64	694	11.06		40.67		47.14
3			16.06	30.41	757	12.16		39.82		30.94
4			16.11	30.53	758	12.21		39.96		30.89
5			15.85	30.34	766	12.14		39.92		31.58
6			16.02	30.87	771	12.35		40.47		31.10
Média			15.96	29.58	741	11.83		39.96		35.40
Des. Pad.			0.13	1.50	34.12	0.60		0.61		6.93
Variação			0.02	2.26	1164.15	0.36		0.37		47.96
Min.			15.76	27.64	694	11.06		38.93		30.89
Máx.			16.11	30.87	771	12.35		40.67		47.14
L5%			14.90		692	11.05				29.69
U5%			17.01		790	12.61				41.11
Min. Limit			15.40		740	11.52				
Max. Limit			16.30		800	12.16				
Amostras			6	6	6	6		6		6









Código:

IB088218

Produção: 150LAB
Data de teste: 20/09/2018 10:57:40
Data de produção: 09/08/2018 11:00:00
Usuário: Netto
Cliente: Planta Piloto
Revisão: Não

Teste:
Linha:
Lote:
Turno:
Classe:

Comentário: 10% Látex - Chapa 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			50.19	16.12				92.2	318.1 34049.0
2			50.27	16.26				93.7	317.3 32805.7
Média			50.23	16.19				93.0	317.7 33427.4
Des. Pad.			0.06	0.10				1.06	0.62 879.10
Variação			0.00	0.01				1.12	0.38 772824.0
Min.			50.19	16.12				92.2	317.3 32805.7
Máx.			50.27	16.26				93.7	318.1 34049.0
L5%									
U5%									
Min. Limit				15.40		740	11.52		210.0 22500.0
Max. Limit				16.30		800	12.16		
Amostras			2	2				2	2 2

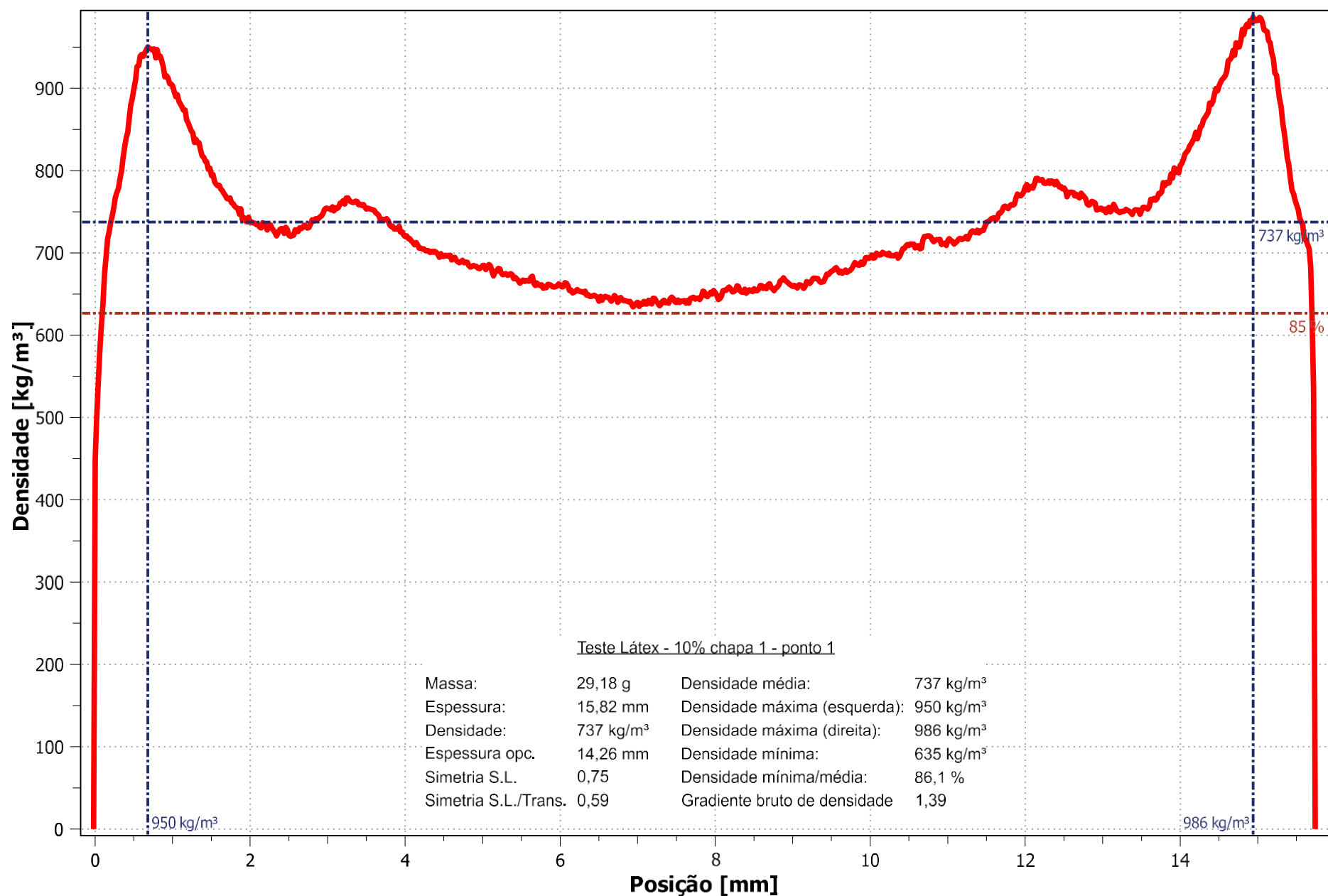
Tracção								
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Força Kg	Tracção Kg/cm²
1	50.16	49.95	15.82	29.17	736	11.64	96.2	3.8
2	50.30	49.53	15.76	29.65	755	11.90	104.2	4.2
3	49.91	50.25	16.09	30.60	758	12.20	109.1	4.4
4	49.66	50.17	16.08	30.36	758	12.19	101.3	4.1
5	49.91	50.24	16.44	31.03	753	12.37	97.0	3.9
6	49.86	50.13	16.02	30.03	750	12.01	103.5	4.1
Média	49.97	50.05	16.04	30.14	752	12.05	101.9	4.1
Des. Pad.	0.23	0.27	0.24	0.67	8.31	0.26	4.83	0.19
Variação	0.05	0.08	0.06	0.45	69.12	0.07	23.31	0.04
Min.	49.66	49.53	15.76	29.17	736	11.64	96.2	3.8
Máx.	50.30	50.25	16.44	31.03	758	12.37	109.1	4.4
L5%			14.98		702	11.26		3.8
U5%			17.09		801	12.85		4.3
Min. Limit			15.40		740	11.52		5.6
Max. Limit			16.30		800	12.16		
Amostras	6	6	6	6	6	6	6	6

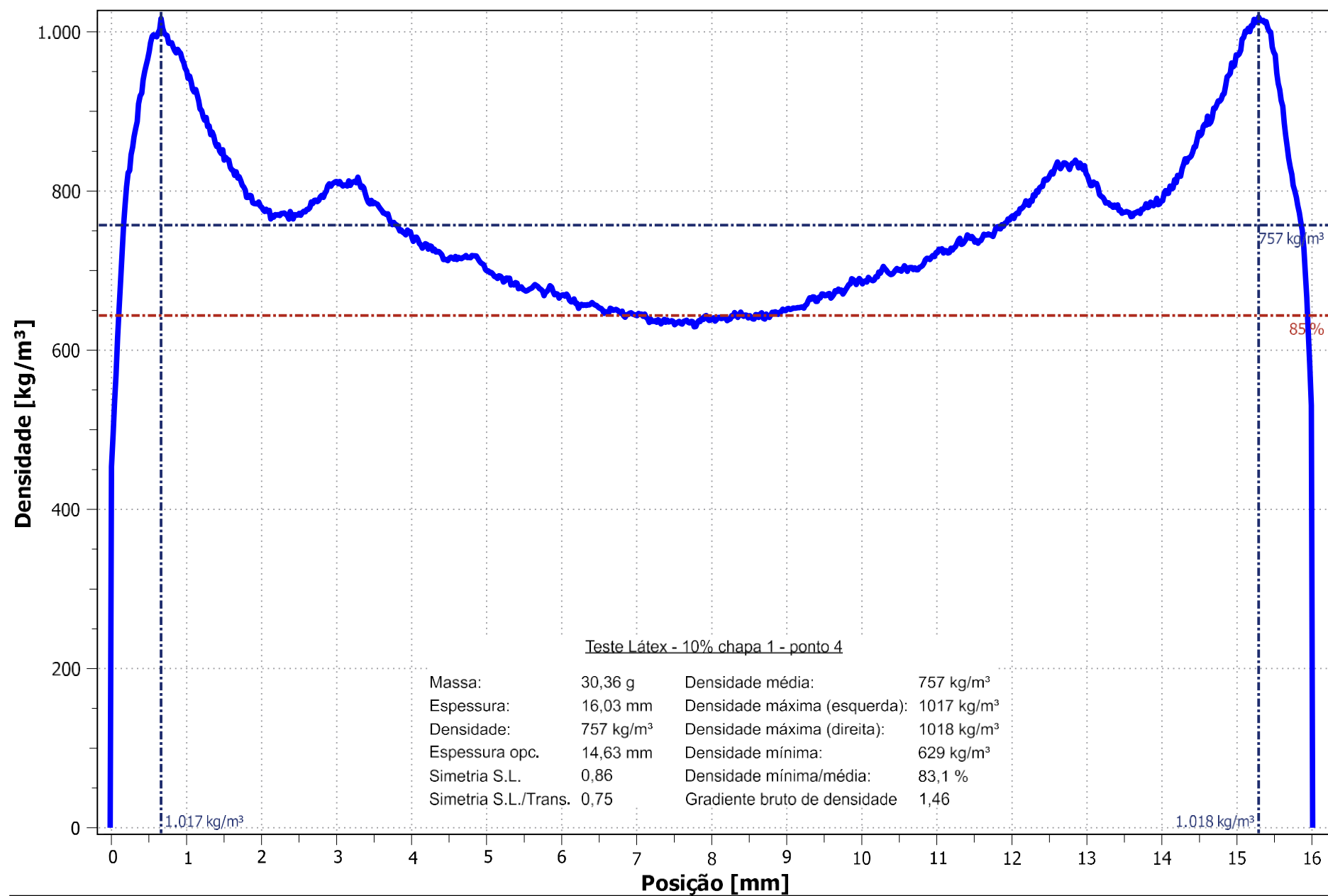
Tracção superficial								
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Força Kg	Tracção Superficial Kg/cm²
1							100.1	10.0
2							93.5	9.3
3							107.3	10.7
4							126.9	12.7
5							101.4	10.1
6							101.0	10.1
Média							105.0	10.5
Des. Pad.							11.58	1.16
Variação							134.02	1.34
Min.							93.5	9.3
Máx.							126.9	12.7
L5%								9.5
U5%								11.5
Min. Limit			15.40		740	11.52		12.2
Max. Limit			16.30		800	12.16		
Amostras							6	6

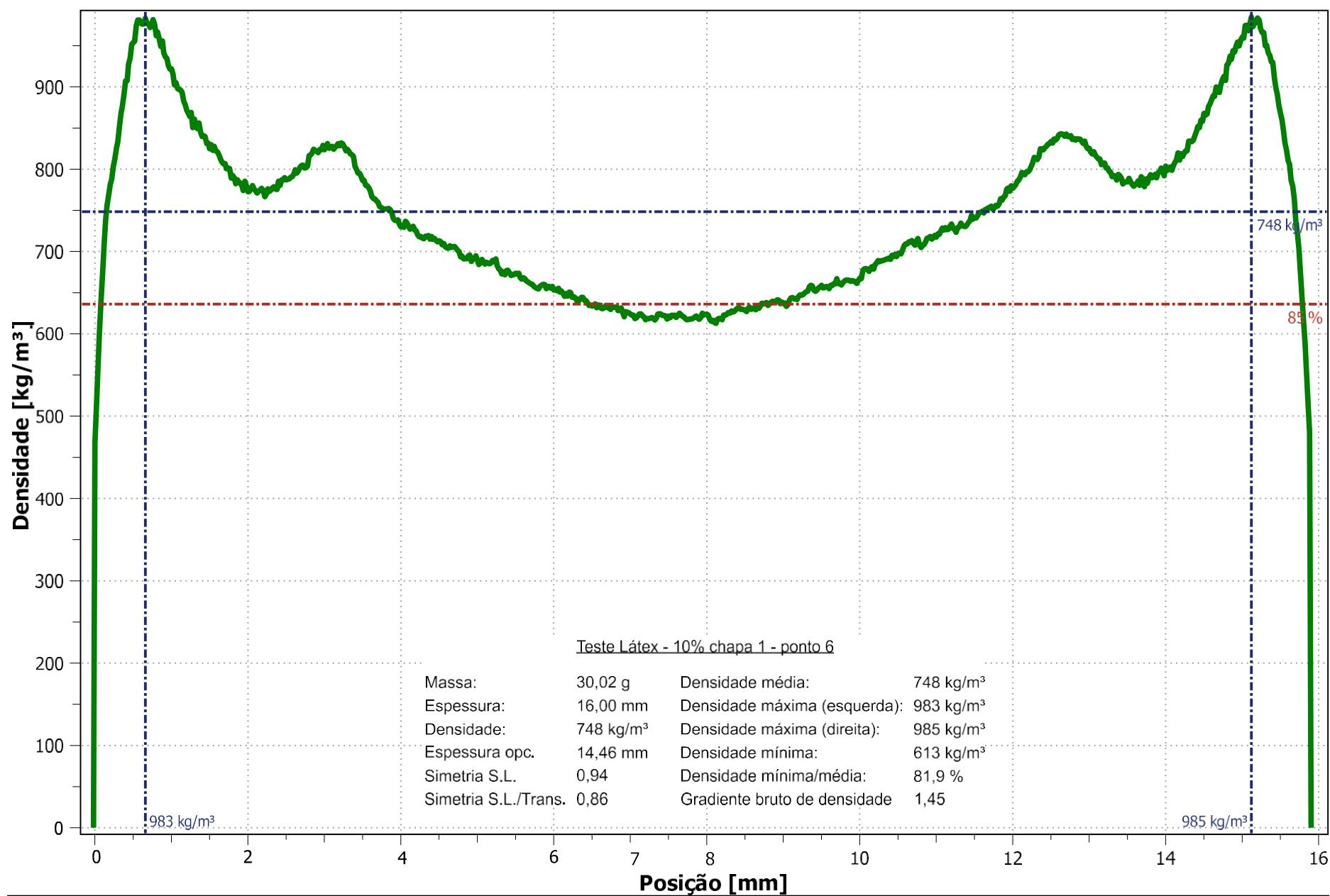
Humidade								
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Peso seco g	Humidade %
1				30.54	814	12.22	28.58	6.86
2				29.91	798	11.96	27.96	6.97
3				30.64	817	12.26	28.59	7.17
Média				30.36	810	12.15	28.38	7.00
Des. Pad.				0.40	10.55	0.16	0.36	0.16
Variação				0.16	111.38	0.03	0.13	0.02
Min.				29.91	798	11.96	27.96	6.86
Máx.				30.64	817	12.26	28.59	7.17
L5%								
U5%								
Min. Limit			15.40		740	11.52		4.00
Max. Limit			16.30		800	12.16		11.00
Amostras				3	3	3	3	3

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			15.93	29.87	750	11.95		19.31		21.22
2			15.53	27.67	713	11.07		18.84		21.31
3			16.14	30.37	753	12.15		19.20		18.96
4			15.87	29.73	749	11.89		19.04		19.97
5			16.47	30.55	742	12.22		19.79		20.16
6			16.26	30.41	748	12.16		19.48		19.80
Média			16.03	29.77	742	11.91		19.28		20.24
Des. Pad.			0.33	1.08	15.02	0.43		0.33		0.90
Variação			0.11	1.16	225.46	0.19		0.11		0.80
Min.			15.53	27.67	713	11.07		18.84		18.96
Máx.			16.47	30.55	753	12.22		19.79		21.31
L5%			14.98		693	11.12				18.90
U5%			17.09		791	12.69				21.57
Min. Limit			15.40		740	11.52				
Max. Limit			16.30		800	12.16				12.00
Amostras			6	6	6	6		6		6

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			15.93	29.87	750	11.95		54.18		81.39
2			15.53	27.67	713	11.07		52.27		88.90
3			16.14	30.37	753	12.15		54.16		78.33
4			15.87	29.73	749	11.89		53.33		79.38
5			16.47	30.55	742	12.22		55.53		81.77
6			16.26	30.41	748	12.16		54.38		78.82
Média			16.03	29.77	742	11.91		53.98		81.43
Des. Pad.			0.33	1.08	15.02	0.43		1.09		3.91
Variação			0.11	1.16	225.46	0.19		1.20		15.31
Min.			15.53	27.67	713	11.07		52.27		78.33
Máx.			16.47	30.55	753	12.22		55.53		88.90
L5%			14.98		693	11.12				76.06
U5%			17.09		791	12.69				86.81
Min. Limit			15.40		740	11.52				
Max. Limit			16.30		800	12.16				
Amostras			6	6	6	6		6		6









Código:

IB088219

Produção: 150LAB
Data de teste: 20/09/2018 10:58:13
Data de produção: 09/08/2018 12:00:00
Usuário: Netto
Cliente: Planta Piloto
Revisão: Não

Teste:
Linha:
Lote:
Turno:
Classe:

Comentário: 10% Látex - Chapa 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			50.26	15.82				88.4	316.2
2			50.28	16.29				94.5	318.7
Média			50.27	16.06				91.5	317.5
Des. Pad.			0.01	0.33				4.31	1.75
Variação			0.00	0.11				18.61	3.05
Min.			50.26	15.82				88.4	316.2
Máx.			50.28	16.29				94.5	318.7
L5%									
U5%									
Min. Limit				15.40		740	11.52		210.0
Max. Limit				16.30		800	12.16		22500.0
Amostras			2	2				2	2

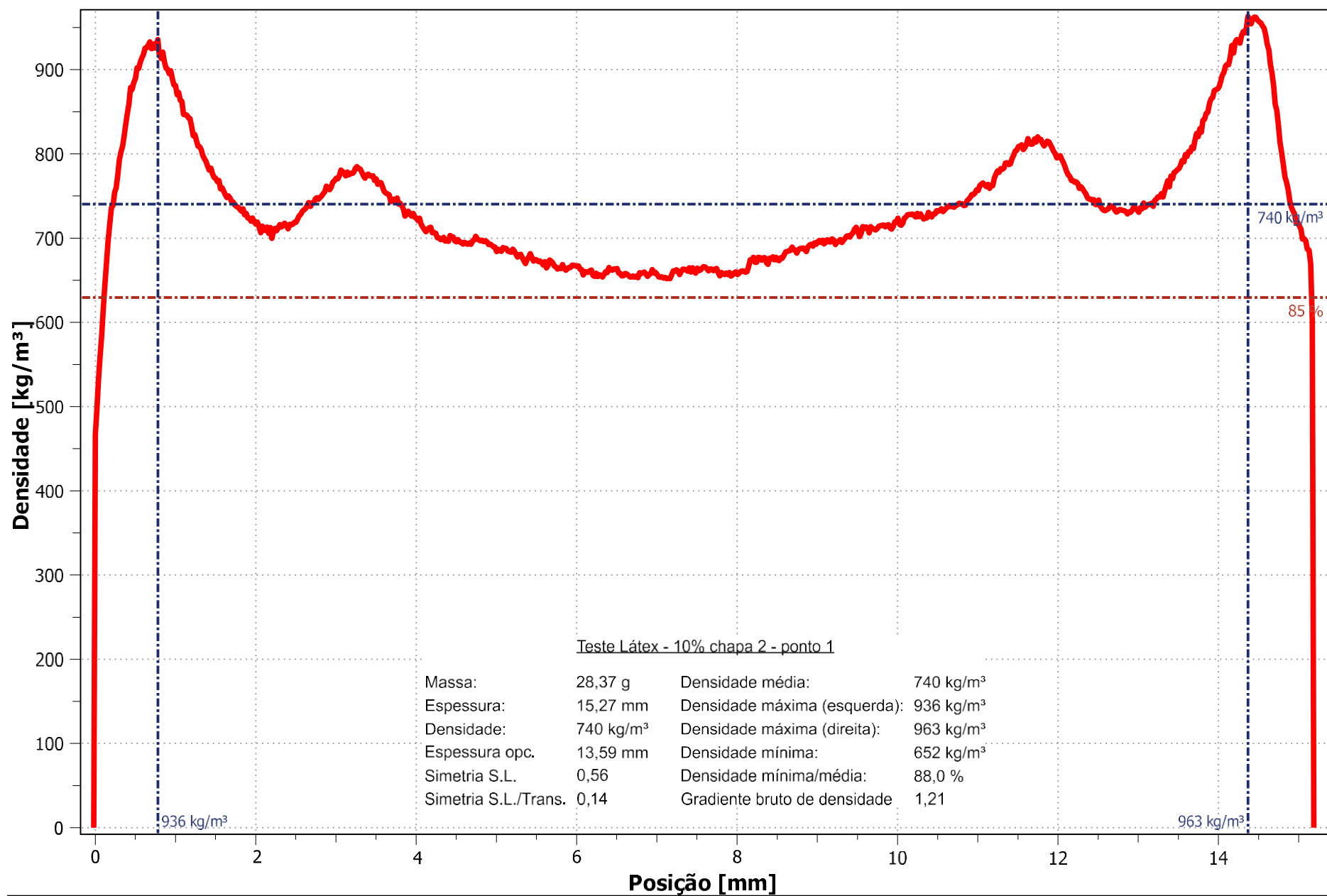
Tracção								
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Força Kg	Tracção Kg/cm²
1	50.12	50.04	15.28	28.37	740	11.31	114.9	4.6
2	49.81	50.11	15.45	28.00	726	11.22	103.2	4.1
3	49.89	50.18	15.92	31.14	781	12.44	126.6	5.1
4	49.86	50.19	16.02	30.18	753	12.06	92.5	3.7
5	49.81	50.25	16.19	31.43	776	12.56	114.8	4.6
6	49.90	50.15	16.05	28.78	717	11.50	79.6	3.2
Média	49.90	50.15	15.82	29.65	749	11.85	105.3	4.2
Des. Pad.	0.12	0.07	0.37	1.47	26.16	0.58	17.12	0.68
Variação	0.01	0.01	0.13	2.16	684.26	0.34	292.97	0.47
Min.	49.81	50.04	15.28	28.00	717	11.22	79.6	3.2
Máx.	50.12	50.25	16.19	31.43	781	12.56	126.6	5.1
L5%			14.77		699	11.07		3.6
U5%			16.86		798	12.63		4.8
Min. Limit			15.40		740	11.52		5.6
Max. Limit			16.30		800	12.16		
Amostras	6	6	6	6	6	6	6	6

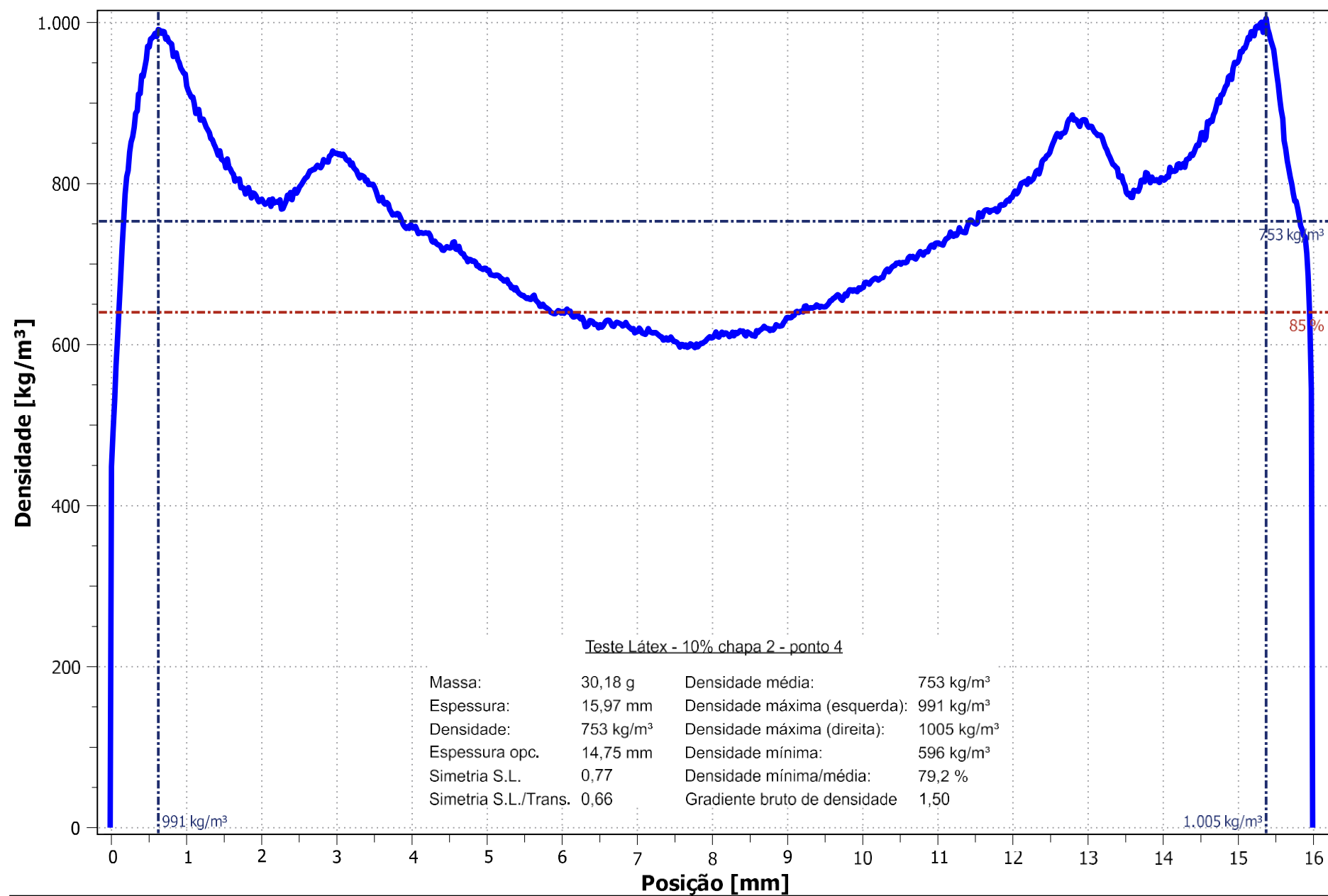
Tracção superficial								
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Força Kg	Tracção Superficial Kg/cm²
1							102.5	10.3
2							114.7	11.5
3							111.3	11.1
4							101.6	10.2
5							107.5	10.7
6							119.2	11.9
Média							109.5	10.9
Des. Pad.							6.92	0.69
Variação							47.95	0.48
Min.							101.6	10.2
Máx.							119.2	11.9
L5%								10.2
U5%								11.7
Min. Limit			15.40		740	11.52		12.2
Max. Limit			16.30		800	12.16		
Amostras							6	6

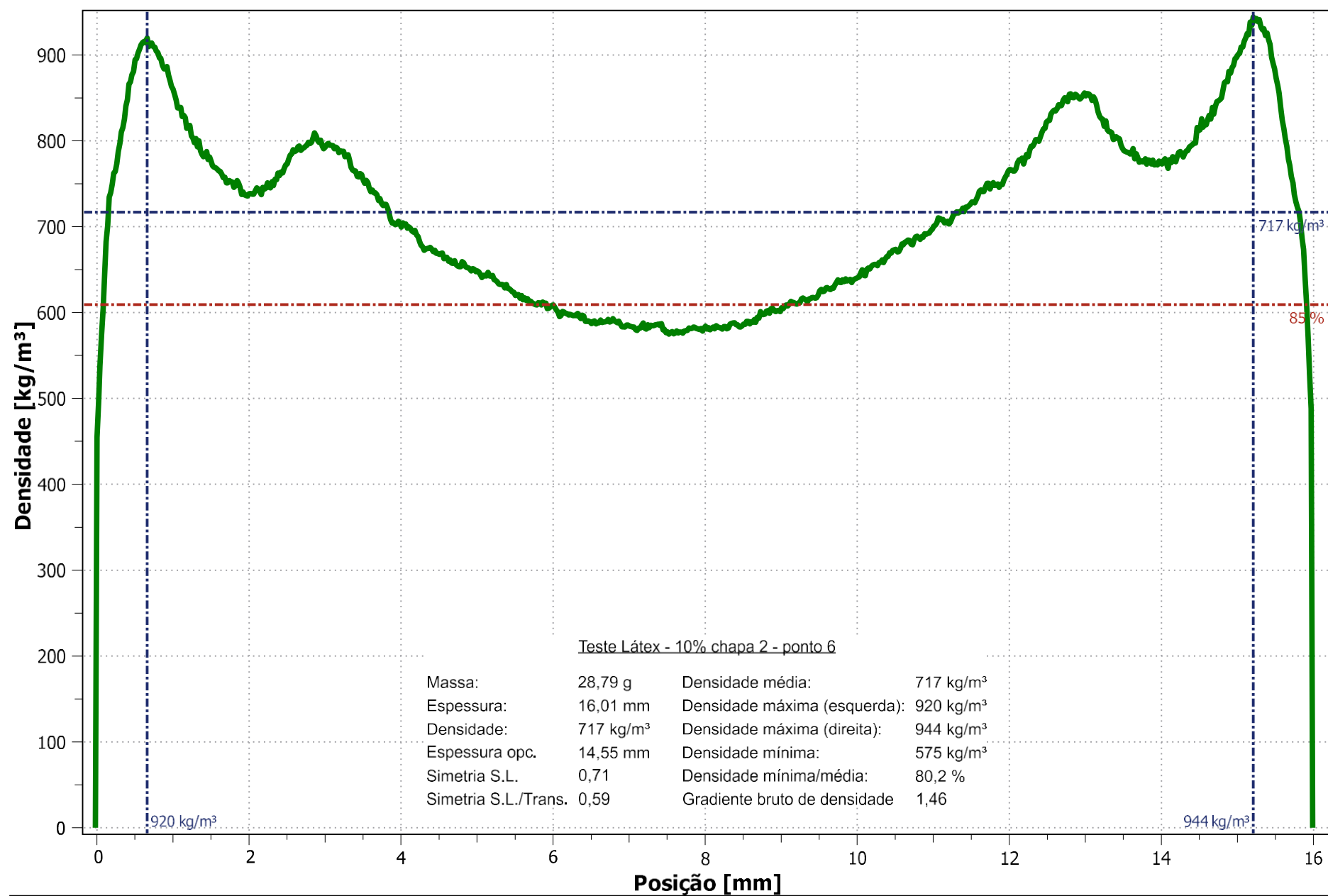
Humidade								
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Peso seco g	Humidade %
1				28.94	772	11.58	27.03	7.07
2				29.35	783	11.74	27.42	7.04
3				31.35	836	12.54	29.21	7.33
Média				29.88	797	11.95	27.89	7.14
Des. Pad.				1.29	34.39	0.52	1.16	0.16
Variação				1.66	1182.36	0.27	1.35	0.03
Min.				28.94	772	11.58	27.03	7.04
Máx.				31.35	836	12.54	29.21	7.33
L5%								
U5%								
Min. Limit			15.40		740	11.52		4.00
Max. Limit			16.30		800	12.16		11.00
Amostras				3	3	3	3	3

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			15.34	28.88	753	11.55		18.54		20.86
2			15.42	27.50	713	11.00		18.76		21.66
3			15.99	31.33	784	12.53		19.13		19.64
4			15.98	29.73	744	11.89		19.36		21.15
5			16.10	31.62	786	12.65		19.32		20.00
6			16.08	30.02	747	12.01		19.33		20.21
Média			15.82	29.85	754	11.94		19.07		20.59
Des. Pad.			0.34	1.54	27.14	0.62		0.34		0.77
Variação			0.12	2.37	736.50	0.38		0.12		0.59
Min.			15.34	27.50	713	11.00		18.54		19.64
Máx.			16.10	31.62	786	12.65		19.36		21.66
L5%			14.77		705	11.15				19.23
U5%			16.86		804	12.73				21.94
Min. Limit			15.40		740	11.52				
Max. Limit			16.30		800	12.16				12.00
Amostras			6	6	6	6		6		6

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			15.34	28.88	753	11.55		52.94		83.31
2			15.42	27.50	713	11.00		51.97		88.98
3			15.99	31.33	784	12.53		55.23		76.28
4			15.98	29.73	744	11.89		54.03		81.74
5			16.10	31.62	786	12.65		54.51		72.39
6			16.08	30.02	747	12.01		55.04		83.34
Média			15.82	29.85	754	11.94		53.95		81.01
Des. Pad.			0.34	1.54	27.14	0.62		1.27		5.86
Variação			0.12	2.37	736.50	0.38		1.62		34.29
Min.			15.34	27.50	713	11.00		51.97		72.39
Máx.			16.10	31.62	786	12.65		55.23		88.98
L5%			14.77		705	11.15				75.66
U5%			16.86		804	12.73				86.35
Min. Limit			15.40		740	11.52				
Max. Limit			16.30		800	12.16				
Amostras			6	6	6	6		6		6









Código:

IB088220

Produção: 150LAB
Data de teste: 20/09/2018 10:58:37
Data de produção: 09/08/2018 13:00:00
Usuário: Netto
Cliente: Planta Piloto
Revisão: Não

Teste:
Linha:
Lote:
Turno:
Classe:

Comentário: 15% Látex - Chapa 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			50.22	15.88				90.9	323.0
2			50.32	16.16				100.0	342.4
Média			50.27	16.02				95.4	332.7
Des. Pad.			0.07	0.20				6.43	13.75
Variação			0.00	0.04				41.40	189.08
Min.			50.22	15.88				90.9	323.0
Máx.			50.32	16.16				100.0	342.4
L5%									
U5%									
Min. Limit				15.40		740	11.52		210.0
Max. Limit				16.30		800	12.16		22500.0
Amostras			2	2				2	2

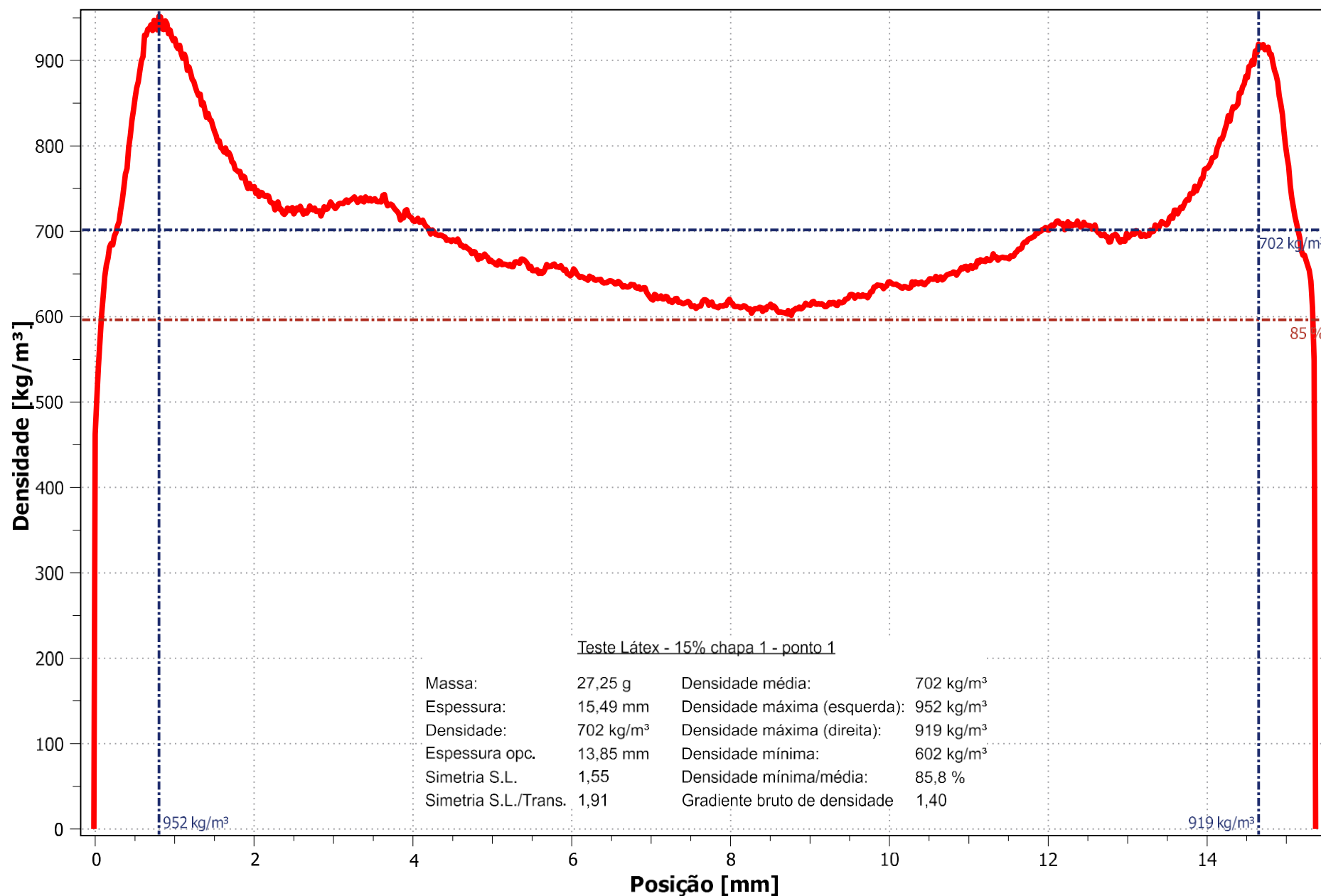
Tracção								
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Força Kg	Tracção Kg/cm²
1	49.95	50.10	15.49	27.24	703	10.89	78.7	3.1
2	49.98	50.14	15.95	28.66	717	11.44	83.7	3.3
3	49.90	50.24	15.75	29.59	749	11.80	105.8	4.2
4	49.82	50.19	16.00	30.32	758	12.13	96.5	3.9
5	49.94	50.27	16.00	31.03	773	12.36	111.4	4.4
6	50.15	50.10	15.79	30.09	758	11.98	98.4	3.9
Média	49.96	50.17	15.83	29.49	743	11.76	95.7	3.8
Des. Pad.	0.11	0.07	0.20	1.36	27.09	0.53	12.57	0.50
Variação	0.01	0.01	0.04	1.84	733.73	0.28	157.88	0.25
Min.	49.82	50.10	15.49	27.24	703	10.89	78.7	3.1
Máx.	50.15	50.27	16.00	31.03	773	12.36	111.4	4.4
L5%			14.79		694	10.99		3.4
U5%			16.87		792	12.54		4.2
Min. Limit			15.40		740	11.52		5.6
Max. Limit			16.30		800	12.16		
Amostras	6	6	6	6	6	6	6	6

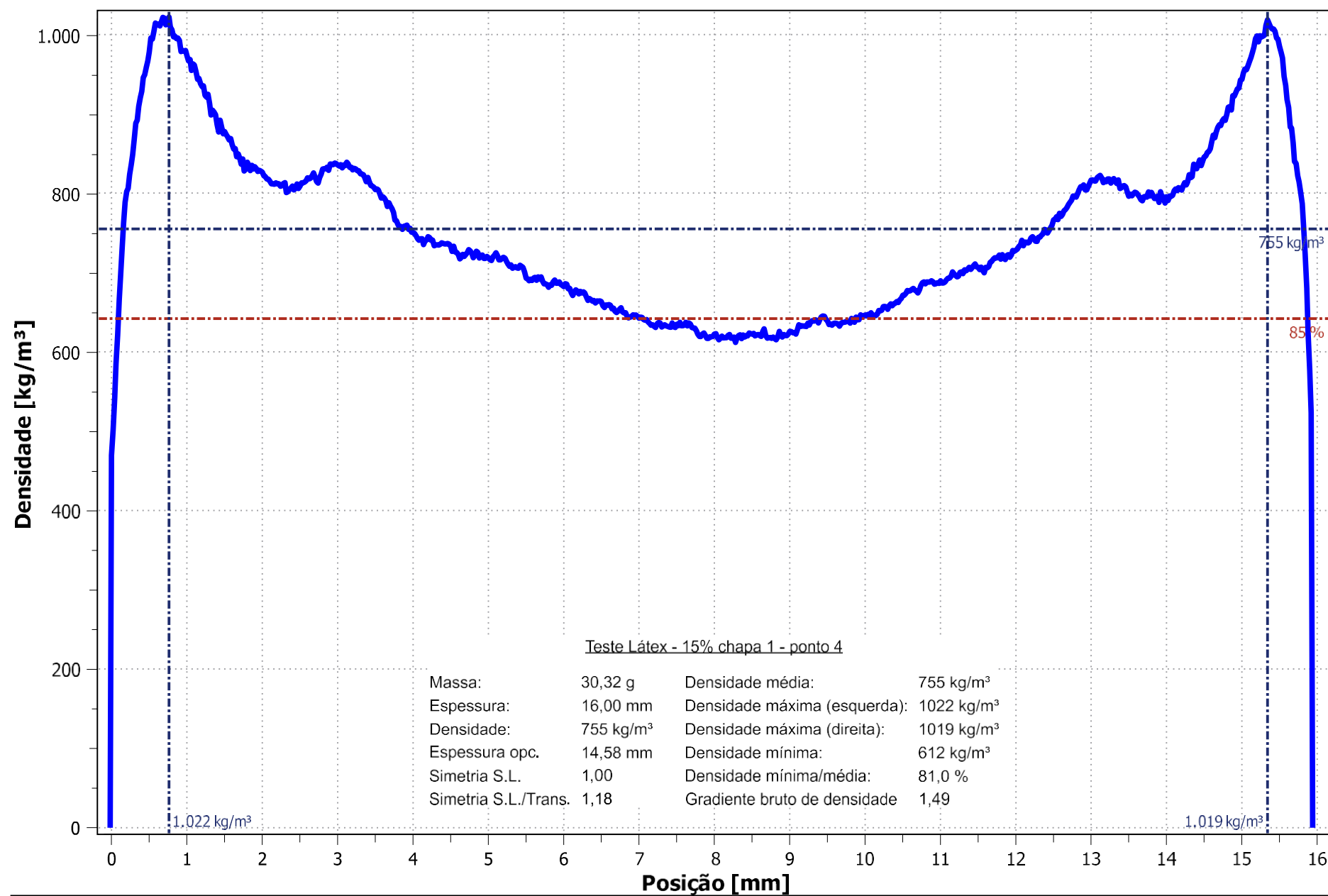
Tracção superficial								
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Força Kg	Tracção Superficial Kg/cm²
1							95.0	9.5
2							97.3	9.7
3							109.9	11.0
4							101.5	10.2
5							120.5	12.0
6							118.9	11.9
Média							107.2	10.7
Des. Pad.							10.96	1.10
Variação							120.08	1.20
Min.							95.0	9.5
Máx.							120.5	12.0
L5%								9.8
U5%								11.6
Min. Limit			15.40		740	11.52		12.2
Max. Limit			16.30		800	12.16		
Amostras							6	6

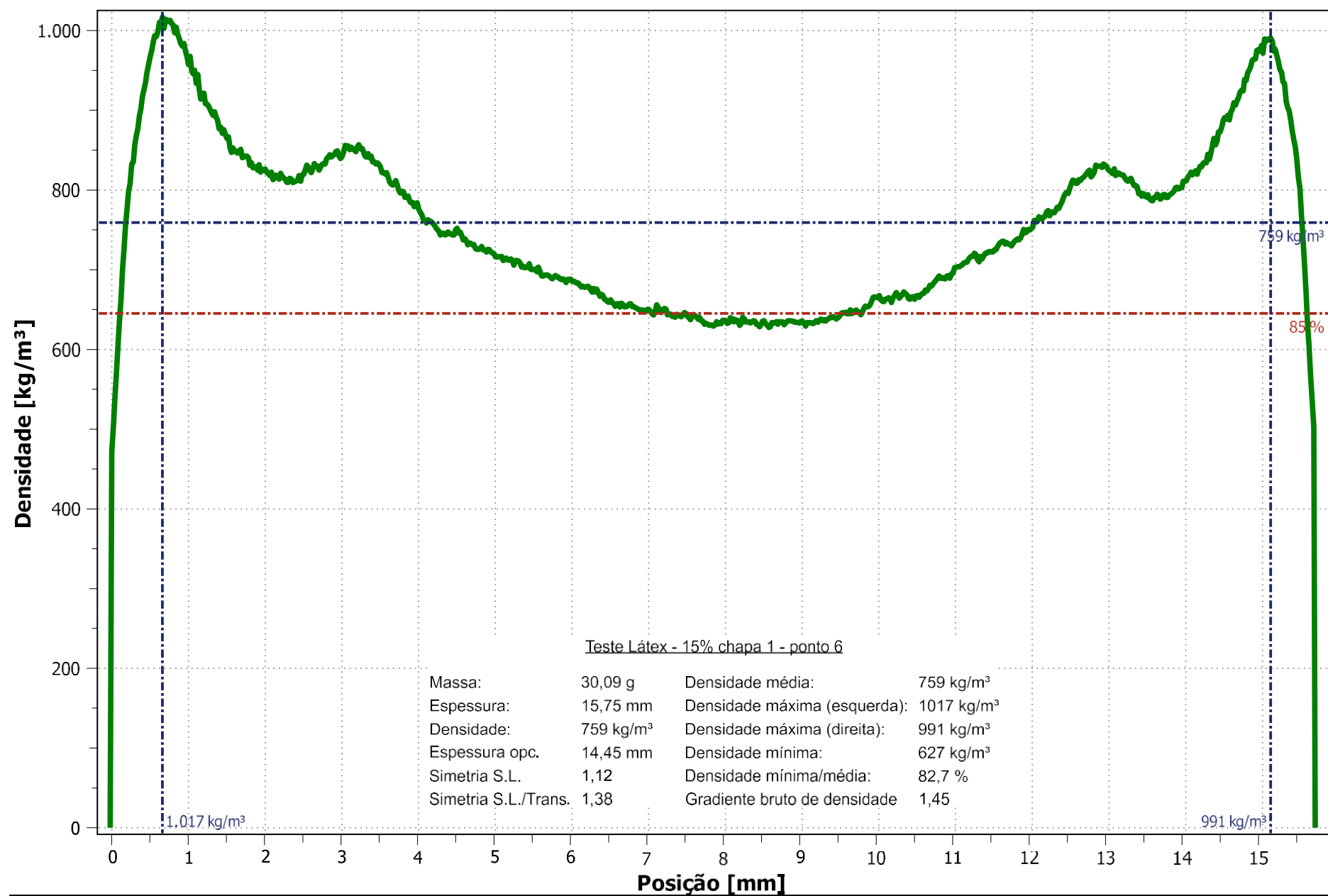
Humidade								
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Peso seco g	Humidade %
1				28.87	770	11.55	27.01	6.89
2				28.95	772	11.58	27.11	6.79
3				30.96	826	12.38	28.89	7.17
Média				29.59	789	11.84	27.67	6.95
Des. Pad.				1.18	31.58	0.47	1.06	0.20
Variação				1.40	997.28	0.22	1.12	0.04
Min.				28.87	770	11.55	27.01	6.79
Máx.				30.96	826	12.38	28.89	7.17
L5%								
U5%								
Min. Limit			15.40		740	11.52		4.00
Max. Limit			16.30		800	12.16		11.00
Amostras				3	3	3	3	3

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			15.69	28.96	738	11.58		18.81		19.89
2			15.84	27.09	684	10.84		19.01		20.01
3			16.00	30.76	769	12.30		18.72		17.00
4			16.07	30.38	756	12.15		18.97		18.05
5			15.85	30.86	779	12.34		18.52		16.85
6			16.02	31.05	775	12.42		18.89		17.92
Média			15.91	29.85	750	11.94		18.82		18.28
Des. Pad.			0.14	1.55	35.63	0.62		0.18		1.38
Variação			0.02	2.40	1269.66	0.38		0.03		1.89
Min.			15.69	27.09	684	10.84		18.52		16.85
Máx.			16.07	31.05	779	12.42		19.01		20.01
L5%			14.86		701	11.15				17.08
U5%			16.96		800	12.73				19.49
Min. Limit			15.40		740	11.52				
Max. Limit			16.30		800	12.16				12.00
Amostras			6	6	6	6		6		6

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			15.69	28.96	738	11.58		50.42		74.10
2			15.84	27.09	684	10.84		49.61		83.13
3			16.00	30.76	769	12.30		51.62		67.82
4			16.07	30.38	756	12.15		51.22		68.60
5			15.85	30.86	779	12.34		51.18		65.85
6			16.02	31.05	775	12.42		51.26		65.09
Média			15.91	29.85	750	11.94		50.88		70.76
Des. Pad.			0.14	1.55	35.63	0.62		0.74		6.84
Variação			0.02	2.40	1269.66	0.38		0.54		46.77
Min.			15.69	27.09	684	10.84		49.61		65.09
Máx.			16.07	31.05	779	12.42		51.62		83.13
L5%			14.86		701	11.15				65.12
U5%			16.96		800	12.73				76.40
Min. Limit			15.40		740	11.52				
Max. Limit			16.30		800	12.16				
Amostras			6	6	6	6		6		6









Código:

IB088221

Produção: 150LAB
Data de teste: 20/09/2018 10:59:23
Data de produção: 09/08/2018 14:00:00
Usuário: Netto
Cliente: Planta Piloto
Revisão: Não

Teste:
Linha:
Lote:
Turno:
Classe:

Comentário: 15% Látex - Chapa 2

Flexão									
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m ³	Peso por superfície Kg/m ²	Força Kg	Flexão Kg/cm ²	Elasticidade Kg/cm ²
1			50.35	15.98				97.6	341.6 33165.7
2			50.32	16.54				102.7	335.7 31439.0
Média			50.33	16.26				100.1	338.7 32302.3
Des. Pad.			0.02	0.40				3.61	4.16 1220.90
Variação			0.00	0.16				13.01	17.27 1490602.
Min.			50.32	15.98				97.6	335.7 31439.0
Máx.			50.35	16.54				102.7	341.6 33165.7
L5%									
U5%									
Min. Limit				15.40		740	11.52		210.0 22500.0
Max. Limit				16.30		800	12.16		
Amostras			2	2				2	2 2

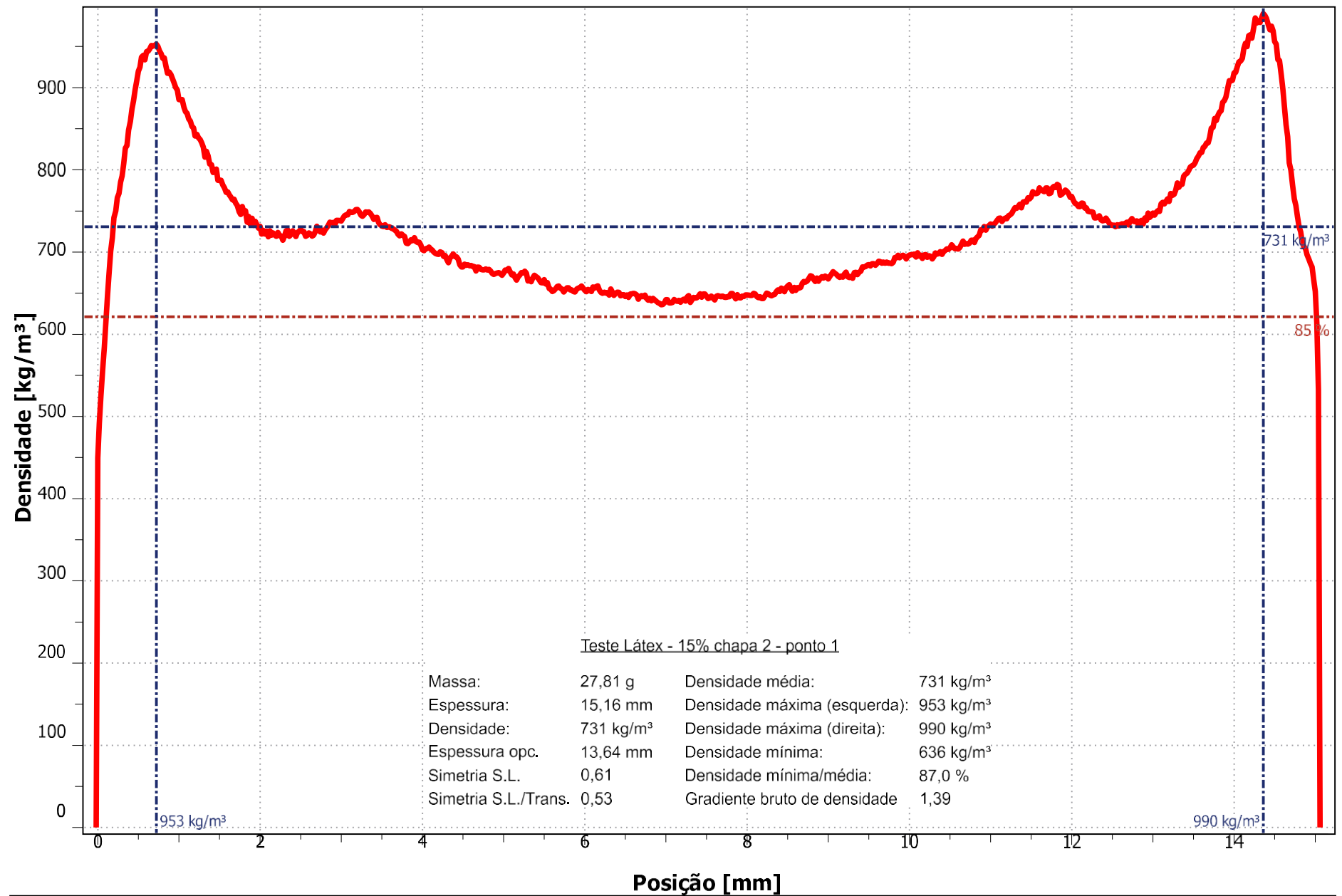
Tracção								
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m ³	Peso por superfície Kg/m ²	Força Kg	Tracção Kg/cm ²
1	49.92	50.22	15.15	27.80	732	11.09	91.8	3.7
2	49.84	50.29	15.63	29.25	747	11.67	88.9	3.5
3	49.96	50.22	15.78	30.22	763	12.04	105.5	4.2
4	49.81	50.24	16.25	30.81	758	12.31	92.9	3.7
5	49.91	50.26	16.07	30.37	753	12.11	97.7	3.9
6	50.21	50.11	16.36	29.50	717	11.72	75.3	3.0
Média	49.94	50.22	15.87	29.66	745	11.82	92.0	3.7
Des. Pad.	0.14	0.06	0.45	1.08	17.55	0.43	10.04	0.40
Variação	0.02	0.00	0.20	1.16	308.02	0.19	100.82	0.16
Min.	49.81	50.11	15.15	27.80	717	11.09	75.3	3.0
Máx.	50.21	50.29	16.36	30.81	763	12.31	105.5	4.2
L5%			14.83		696	11.04		3.3
U5%			16.92		794	12.60		4.0
Min. Limit			15.40		740	11.52		5.6
Max. Limit			16.30		800	12.16		
Amostras	6	6	6	6	6	6	6	6

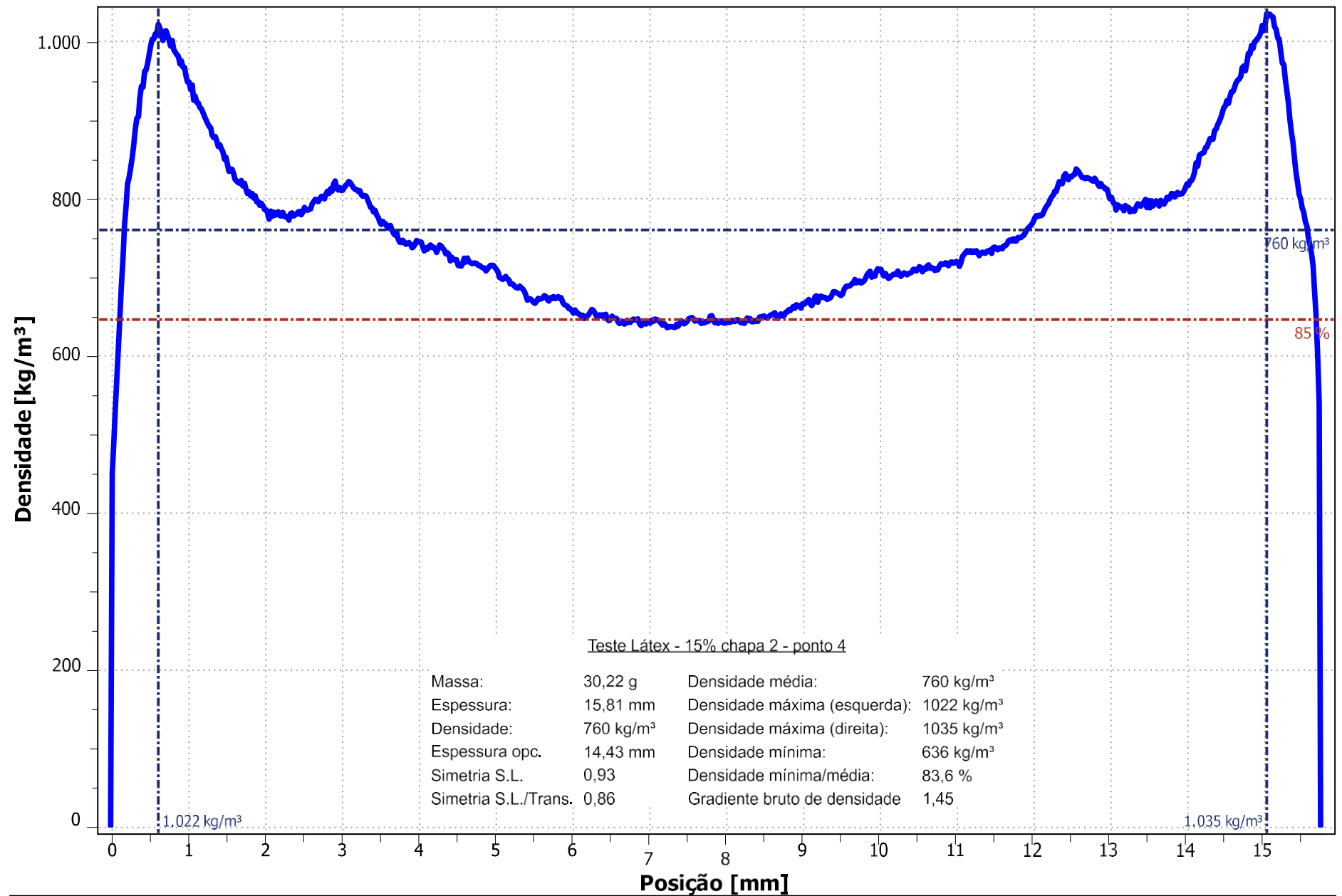
Tracção superficial								
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Força Kg	Tracção Superficial Kg/cm²
1							111.0	11.1
2							98.3	9.8
3							103.5	10.4
4							99.5	9.9
5							101.6	10.2
6							104.4	10.4
Média							103.1	10.3
Des. Pad.							4.53	0.45
Variação							20.50	0.20
Min.							98.3	9.8
Máx.							111.0	11.1
L5%								9.6
U5%								11.0
Min. Limit			15.40		740	11.52		12.2
Max. Limit			16.30		800	12.16		
Amostras							6	6

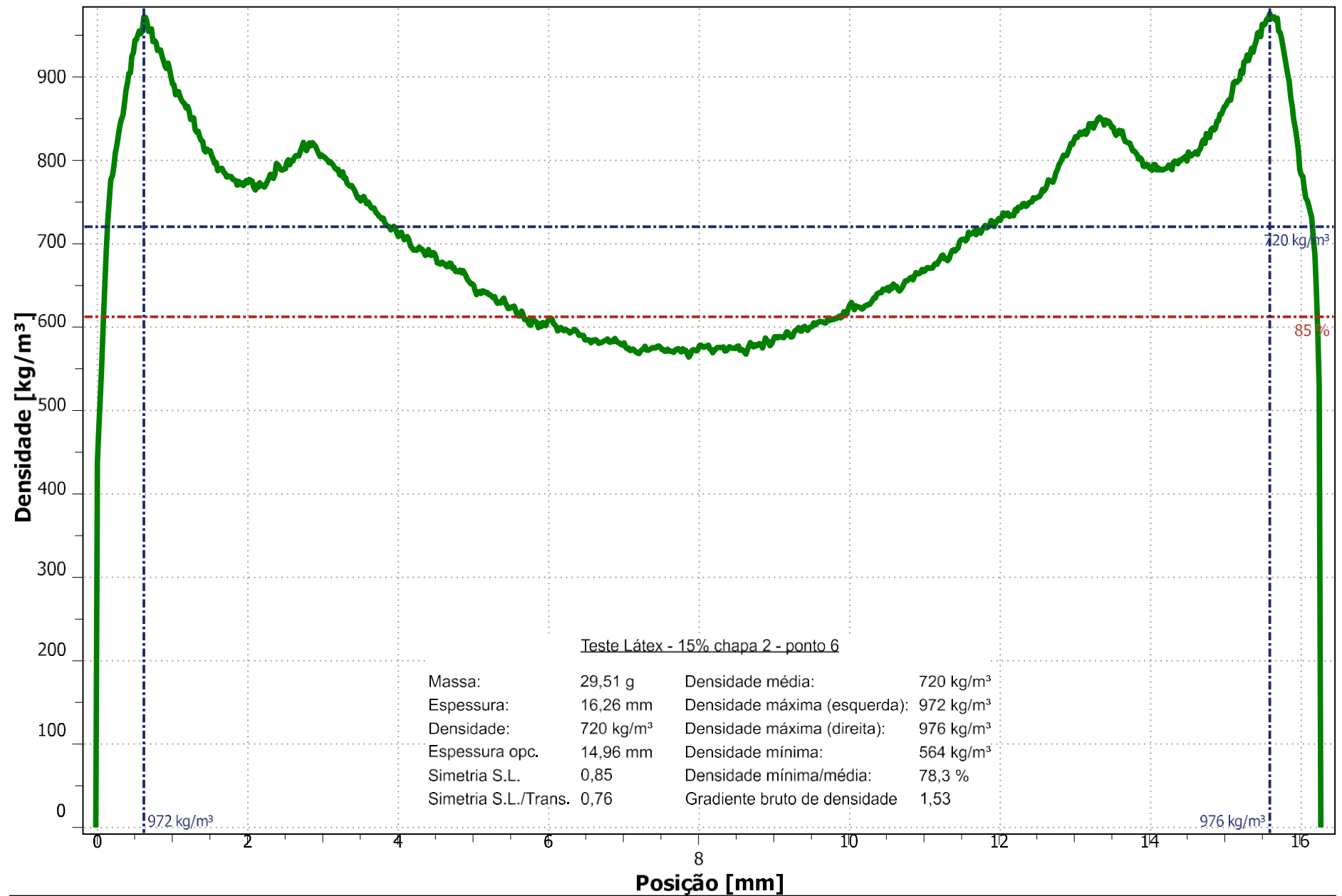
Humidade								
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Peso seco g	Humidade %
1				29.98	799	11.99	28.00	7.07
2				29.42	785	11.77	27.51	6.94
3				30.61	816	12.24	28.55	7.22
Média				30.00	800	12.00	28.02	7.08
Des. Pad.				0.60	15.88	0.24	0.52	0.14
Variação				0.35	252.04	0.06	0.27	0.02
Min.				29.42	785	11.77	27.51	6.94
Máx.				30.61	816	12.24	28.55	7.22
L5%								
U5%								
Min. Limit			15.40		740	11.52		4.00
Max. Limit			16.30		800	12.16		11.00
Amostras				3	3	3	3	3

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			15.32	28.53	745	11.41		18.32		19.58
2			15.61	28.29	725	11.32		18.77		20.24
3			15.97	30.60	766	12.24		18.81		17.78
4			16.18	30.36	751	12.14		19.15		18.36
5			15.95	30.20	757	12.08		18.77		17.68
6			16.49	30.38	737	12.15		19.47		18.07
Média			15.92	29.73	747	11.89		18.88		18.62
Des. Pad.			0.41	1.03	14.77	0.41		0.39		1.05
Variação			0.17	1.06	218.21	0.17		0.15		1.10
Min.			15.32	28.29	725	11.32		18.32		17.68
Máx.			16.49	30.60	766	12.24		19.47		20.24
L5%			14.87		698	11.11				17.39
U5%			16.97		796	12.68				19.85
Min. Limit			15.40		740	11.52				
Max. Limit			16.30		800	12.16				12.00
Amostras			6	6	6	6		6		6

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			15.32	28.53	745	11.41		50.14		75.74
2			15.61	28.29	725	11.32		50.57		78.76
3			15.97	30.60	766	12.24		51.39		67.94
4			16.18	30.36	751	12.14		52.30		72.27
5			15.95	30.20	757	12.08		50.96		68.74
6			16.49	30.38	737	12.15		52.66		73.34
Média			15.92	29.73	747	11.89		51.34		72.80
Des. Pad.			0.41	1.03	14.77	0.41		0.98		4.12
Variação			0.17	1.06	218.21	0.17		0.97		16.96
Min.			15.32	28.29	725	11.32		50.14		67.94
Máx.			16.49	30.60	766	12.24		52.66		78.76
L5%			14.87		698	11.11				68.00
U5%			16.97		796	12.68				77.60
Min. Limit			15.40		740	11.52				
Max. Limit			16.30		800	12.16				
Amostras			6	6	6	6		6		6









Código:

IB088222

Produção: 150LAB
Data de teste: 20/09/2018 10:59:42
Data de produção: 09/08/2018 15:00:00
Usuário: Netto
Cliente: Planta Piloto
Revisão: Não

Teste:
Linha:
Lote:
Turno:
Classe:

Comentário: 20% Látex - Chapa 1

Flexão									
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m ³	Peso por superfície Kg/m ²	Força Kg	Flexão Kg/cm ²	Elasticidade Kg/cm ²
1			50.16	16.16			101.4	348.3	32841.5
2			50.21	16.22			108.1	368.3	34694.8
Média			50.18	16.19			104.7	358.3	33768.1
Des. Pad.			0.04	0.04			4.74	14.08	1310.47
Variação			0.00	0.00			22.45	198.15	1717338.
Min.			50.16	16.16			101.4	348.3	32841.5
Máx.			50.21	16.22			108.1	368.3	34694.8
L5%									
U5%									
Min. Limit				15.40		740	11.52	210.0	22500.0
Max. Limit				16.30		800	12.16		
Amostras			2	2				2	2

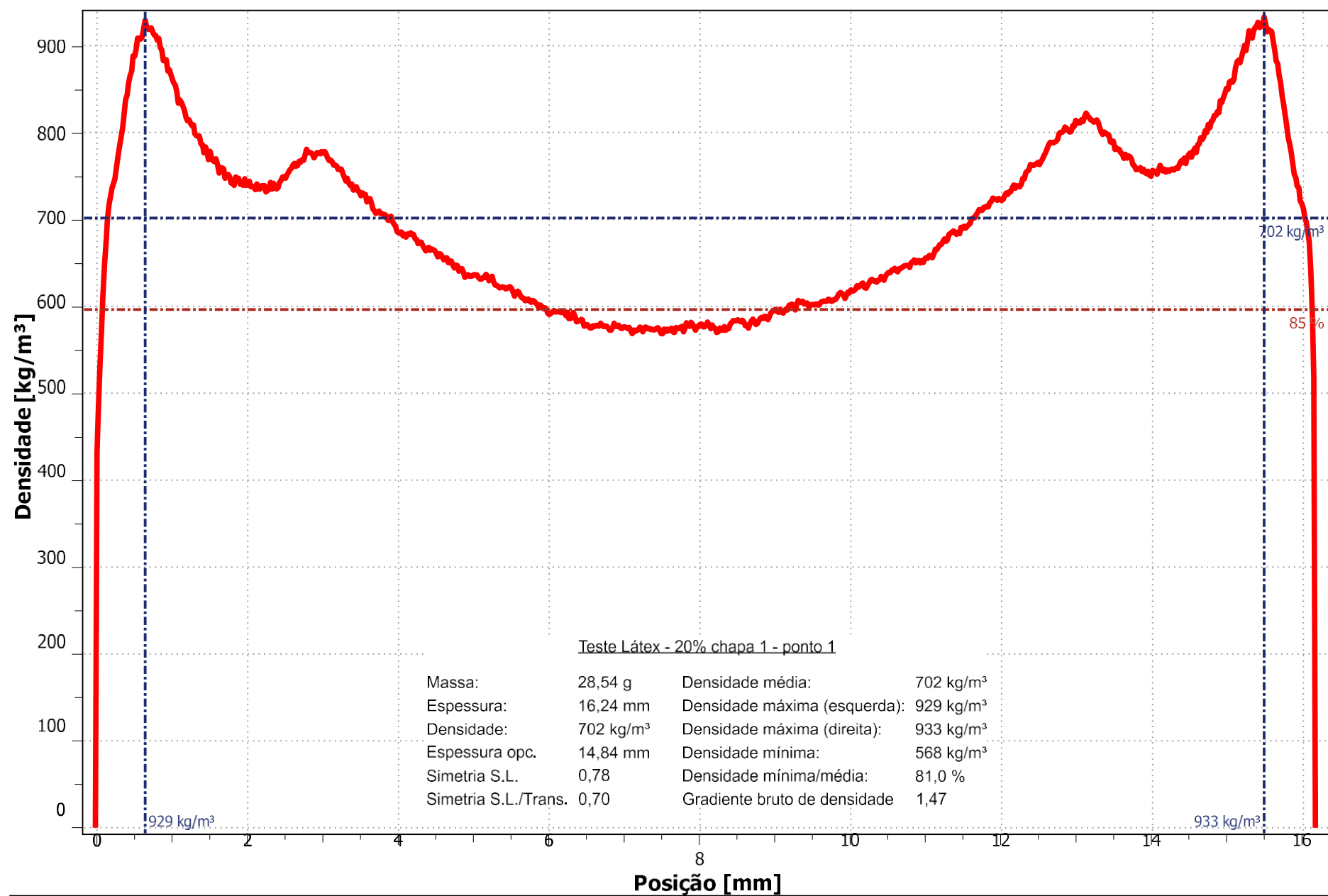
Tracção								
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m ³	Peso por superfície Kg/m ²	Força Kg	Tracção Kg/cm ²
1	49.85	50.04	16.26	28.54	704	11.44	77.3	3.1
2	49.86	50.14	15.87	29.39	741	11.76	104.1	4.2
3	49.89	50.01	16.20	30.37	751	12.17	94.0	3.8
4	49.78	50.07	16.11	30.89	769	12.39	106.4	4.3
5	49.95	50.08	16.06	30.32	755	12.12	89.6	3.6
6	49.80	49.95	15.62	29.29	754	11.77	94.8	3.8
Média	49.85	50.05	16.02	29.80	746	11.94	94.4	3.8
Des. Pad.	0.06	0.06	0.24	0.87	22.49	0.35	10.52	0.42
Variação	0.00	0.00	0.06	0.76	505.86	0.12	110.77	0.18
Min.	49.78	49.95	15.62	28.54	704	11.44	77.3	3.1
Máx.	49.95	50.14	16.26	30.89	769	12.39	106.4	4.3
L5%			14.96		696	11.16		3.4
U5%			17.08		795	12.73		4.1
Min. Limit			15.40		740	11.52		5.6
Max. Limit			16.30		800	12.16		
Amostras	6	6	6	6	6	6	6	6

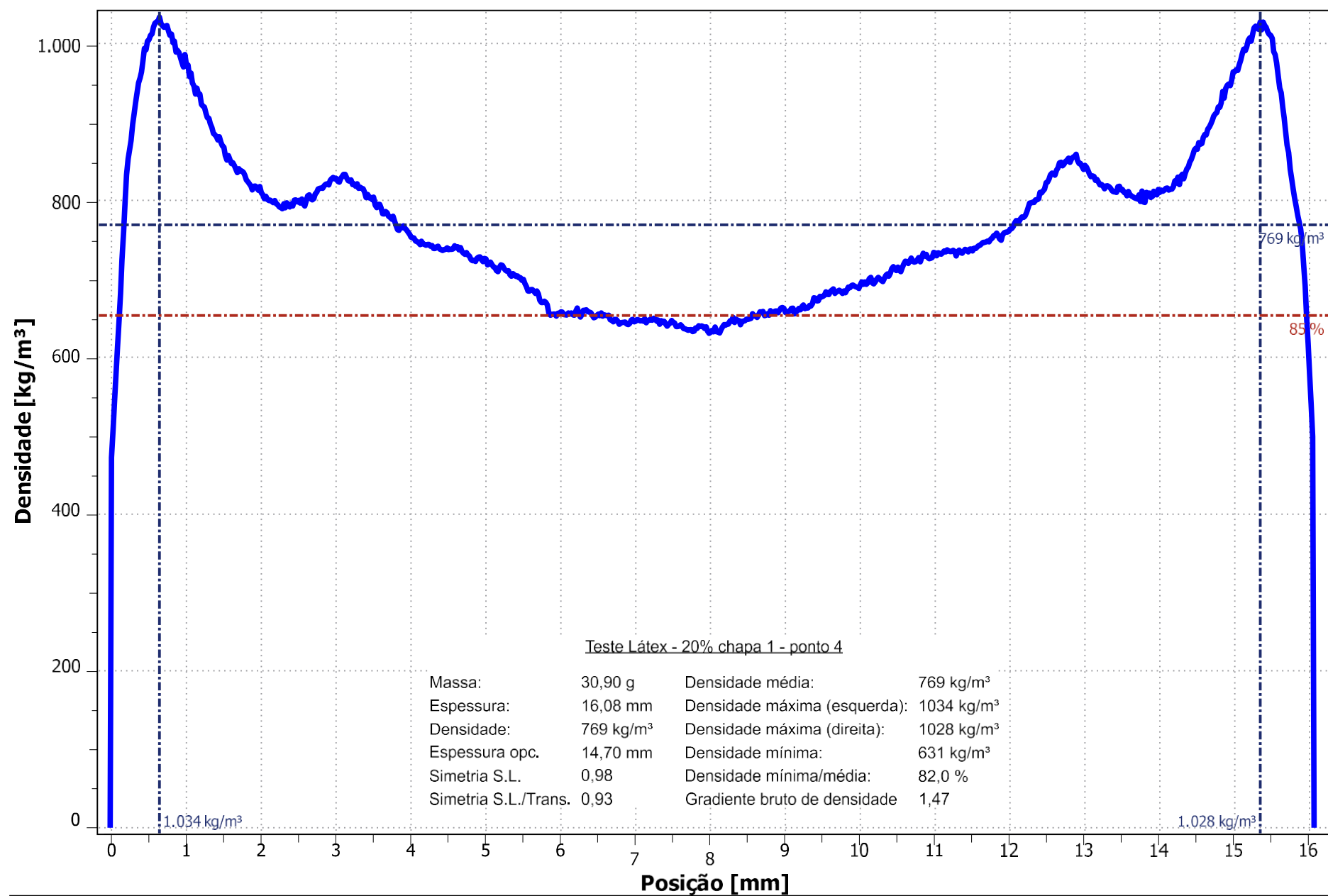
Tracção superficial								
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Força Kg	Tracção Superficial Kg/cm²
1							107.1	10.7
2							94.4	9.4
3							106.4	10.6
4							110.2	11.0
5							91.0	9.1
6							126.7	12.7
Média							106.0	10.6
Des. Pad.							12.70	1.27
Variação							161.41	1.61
Min.							91.0	9.1
Máx.							126.7	12.7
L5%								9.5
U5%								11.6
Min. Limit			15.40		740	11.52		12.2
Max. Limit			16.30		800	12.16		
Amostras							6	6

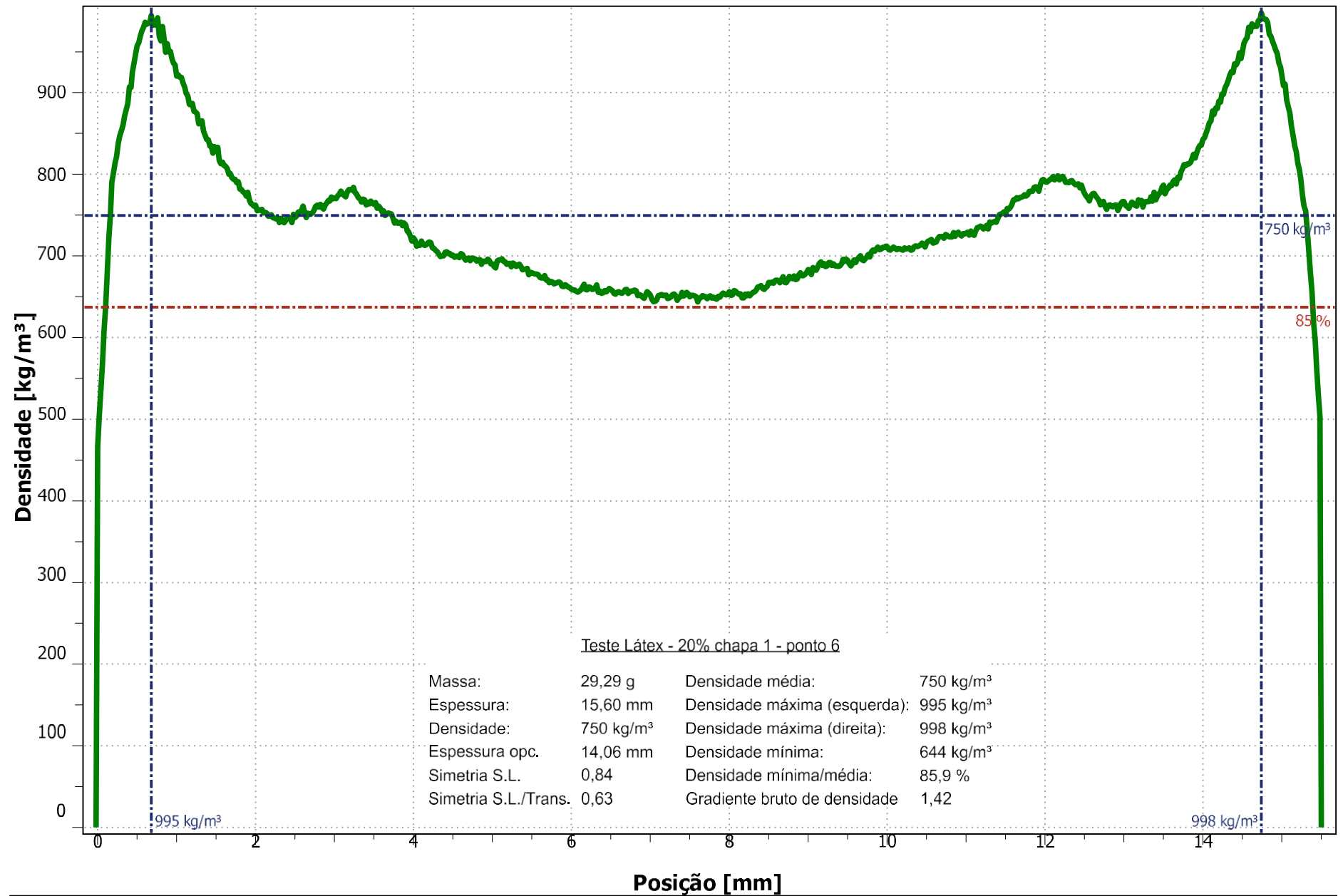
Humidade								
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Peso seco g	Humidade %
1				30.75	820	12.30	28.77	6.88
2				28.74	766	11.50	26.89	6.88
3				30.76	820	12.30	28.73	7.07
Média				30.08	802	12.03	28.13	6.94
Des. Pad.				1.16	31.02	0.47	1.07	0.11
Variação				1.35	962.44	0.22	1.15	0.01
Min.				28.74	766	11.50	26.89	6.88
Máx.				30.76	820	12.30	28.77	7.07
L5%								
U5%								
Min. Limit			15.40		740	11.52		4.00
Max. Limit			16.30		800	12.16		11.00
Amostras				3	3	3	3	3

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			16.24	29.75	733	11.90		19.40		19.46
2			15.77	28.94	734	11.58		18.95		20.16
3			16.15	30.73	761	12.29		19.10		18.27
4			16.10	31.72	788	12.69		18.91		17.45
5			15.99	29.34	734	11.74		19.03		19.01
6			15.87	30.61	772	12.24		18.77		18.27
Média			16.02	30.18	754	12.07		19.03		18.77
Des. Pad.			0.18	1.03	23.53	0.41		0.21		0.97
Variação			0.03	1.06	553.66	0.17		0.05		0.94
Min.			15.77	28.94	733	11.58		18.77		17.45
Máx.			16.24	31.72	788	12.69		19.40		20.16
L5%			14.96		704	11.28				17.53
U5%			17.08		803	12.87				20.01
Min. Limit			15.40		740	11.52				
Max. Limit			16.30		800	12.16				12.00
Amostras			6	6	6	6		6		6

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			16.24	29.75	733	11.90		52.57		76.71
2			15.77	28.94	734	11.58		50.66		75.05
3			16.15	30.73	761	12.29		52.53		70.94
4			16.10	31.72	788	12.69		52.54		65.64
5			15.99	29.34	734	11.74		51.56		75.73
6			15.87	30.61	772	12.24		51.95		69.72
Média			16.02	30.18	754	12.07		51.97		72.30
Des. Pad.			0.18	1.03	23.53	0.41		0.76		4.28
Variação			0.03	1.06	553.66	0.17		0.58		18.34
Min.			15.77	28.94	733	11.58		50.66		65.64
Máx.			16.24	31.72	788	12.69		52.57		76.71
L5%			14.96		704	11.28				67.53
U5%			17.08		803	12.87				77.07
Min. Limit			15.40		740	11.52				
Max. Limit			16.30		800	12.16				
Amostras			6	6	6	6		6		6









Código:

IB088225

Produção: 150LAB
Data de teste: 20/09/2018 12:11:53
Data de produção: 09/08/2018 16:00:00
Usuário: Netto
Cliente: Planta Piloto
Revisão: Não

Teste:
Linha:
Lote:
Turno:
Classe:

Comentário: 20% Látex - Chapa 2

Flexão									
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m ³	Peso por superfície Kg/m ²	Força Kg	Flexão Kg/cm ²	Elasticidade Kg/cm ²
1			50.09	16.04				100.4	350.6 34297.0
2			50.21	16.08				106.5	369.1 34290.0
Média			50.15	16.06				103.4	359.9 34293.5
Des. Pad.			0.08	0.03				4.31	13.13 4.92
Variação			0.01	0.00				18.60	172.39 24.16
Min.			50.09	16.04				100.4	350.6 34290.0
Máx.			50.21	16.08				106.5	369.1 34297.0
L5%									
U5%									
Min. Limit				15.40		740	11.52		210.0 22500.0
Max. Limit				16.30		800	12.16		
Amostras			2	2				2	2 2

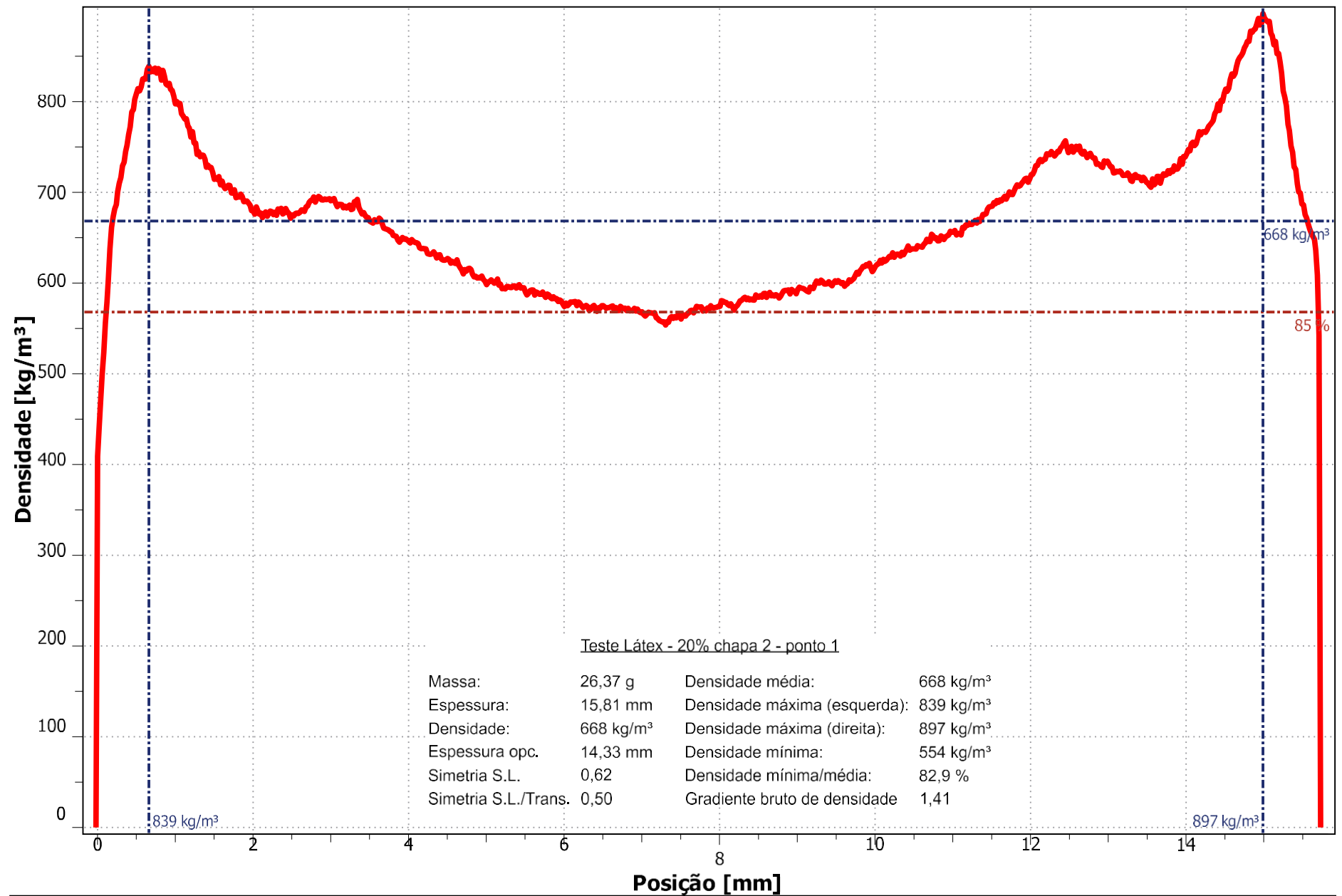
Tracção								
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m ³	Peso por superfície Kg/m ²	Força Kg	Tracção Kg/cm ²
1	49.85	49.99	15.81	26.35	669	10.57	75.9	3.0
2	49.76	50.07	15.70	29.50	754	11.84	103.2	4.1
3	49.74	49.94	16.08	29.95	750	12.06	94.0	3.8
4	49.75	50.11	15.95	30.36	764	12.18	110.9	4.4
5	49.87	50.06	15.81	29.54	748	11.83	104.0	4.2
6	50.03	49.91	15.40	29.46	766	11.80	113.0	4.5
Média	49.83	50.01	15.79	29.19	742	11.71	100.2	4.0
Des. Pad.	0.11	0.08	0.23	1.44	36.48	0.58	13.64	0.54
Variação	0.01	0.01	0.05	2.06	1330.46	0.33	186.14	0.30
Min.	49.74	49.91	15.40	26.35	669	10.57	75.9	3.0
Máx.	50.03	50.11	16.08	30.36	766	12.18	113.0	4.5
L5%			14.75		693	10.94		3.6
U5%			16.83		791	12.49		4.5
Min. Limit			15.40		740	11.52		5.6
Max. Limit			16.30		800	12.16		
Amostras	6	6	6	6	6	6	6	6

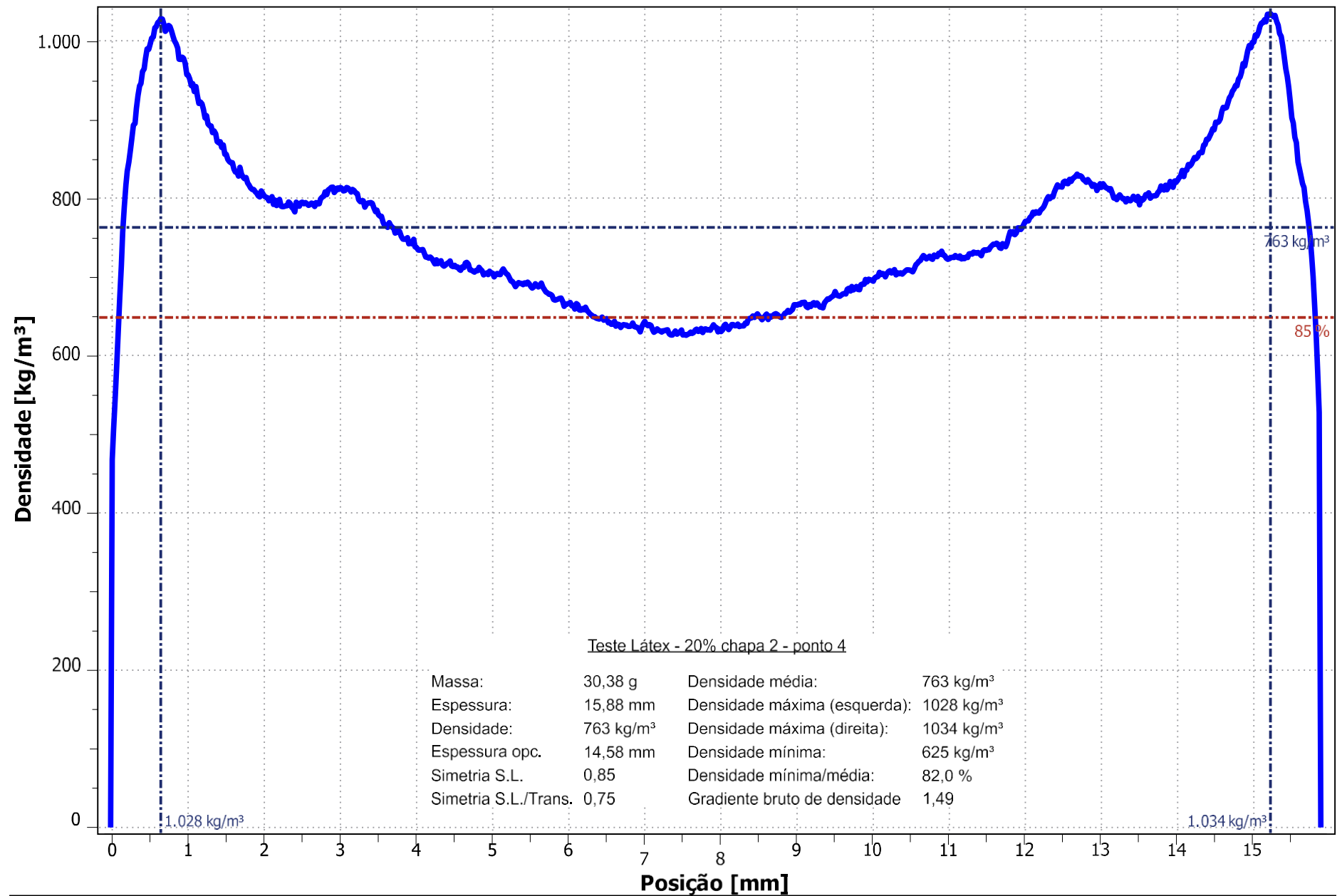
Tracção superficial								
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Força Kg	Tracção Superficial Kg/cm²
1							77.3	7.7
2							93.1	9.3
3							109.6	11.0
4							103.1	10.3
5							79.5	7.9
6							90.5	9.1
Média							92.2	9.2
Des. Pad.							12.72	1.27
Variação							161.71	1.62
Min.							77.3	7.7
Máx.							109.6	11.0
L5%								8.2
U5%								10.3
Min. Limit			15.40		740	11.52		12.2
Max. Limit			16.30		800	12.16		
Amostras							6	6

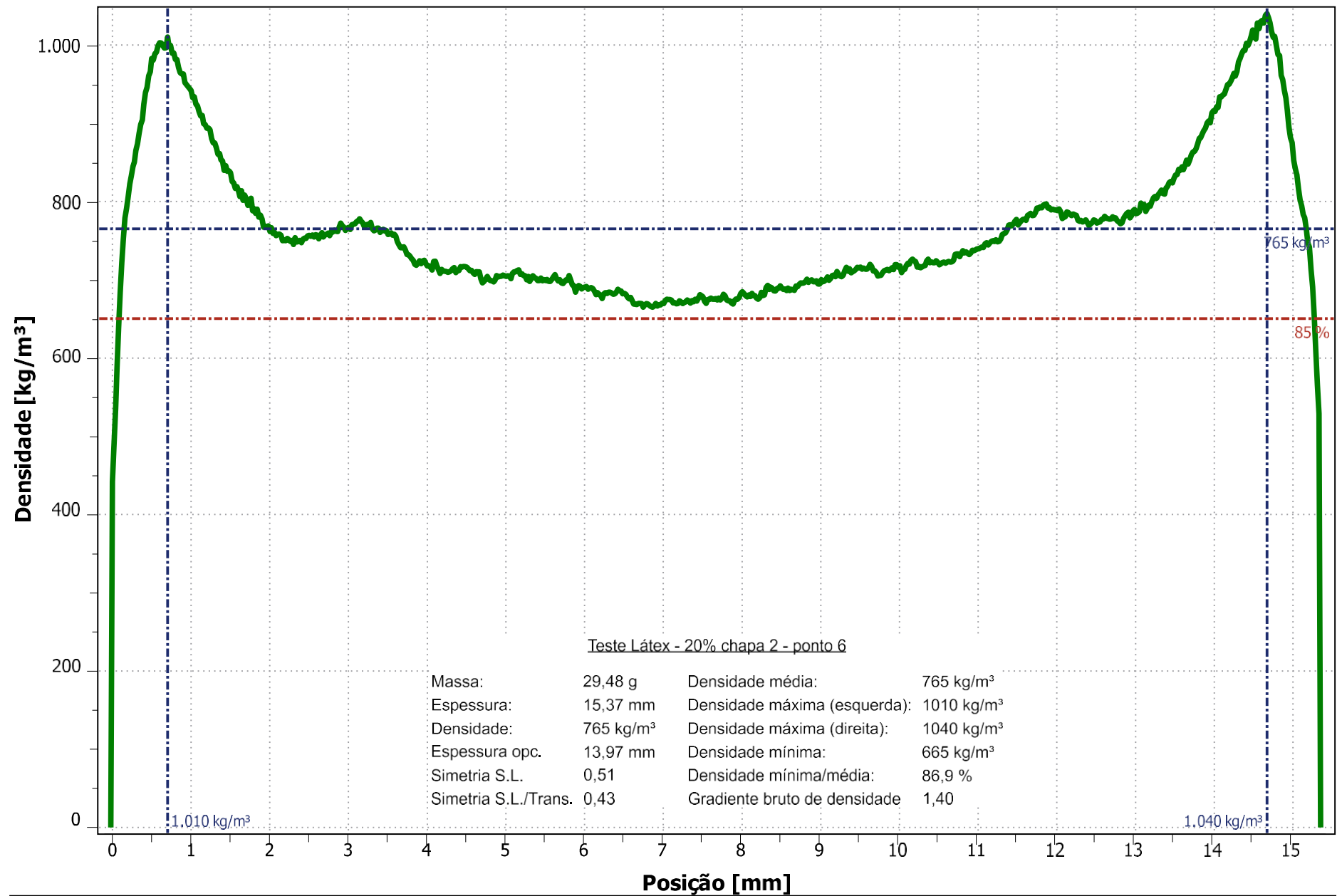
Humidade								
No.	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm	Peso g	Densidade Kg/m³	Peso por superfície Kg/m²	Peso seco g	Humidade %
1				28.87	770	11.55	27.06	6.69
2				28.14	750	11.26	26.35	6.79
3				30.11	803	12.04	28.19	6.81
Média				29.04	774	11.62	27.20	6.76
Des. Pad.				1.00	26.56	0.40	0.93	0.07
Variação				0.99	705.35	0.16	0.86	0.00
Min.				28.14	750	11.26	26.35	6.69
Máx.				30.11	803	12.04	28.19	6.81
L5%								
U5%								
Min. Limit			15.40		740	11.52		4.00
Max. Limit			16.30		800	12.16		11.00
Amostras				3	3	3	3	3

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			15.90	28.31	712	11.32		19.10		20.13
2			15.54	28.25	727	11.30		18.69		20.27
3			16.13	30.57	758	12.23		19.08		18.29
4			15.85	30.59	772	12.24		18.69		17.92
5			15.76	29.16	740	11.66		18.70		18.65
6			15.68	29.99	765	12.00		18.48		17.86
Média			15.81	29.48	746	11.79		18.79		18.85
Des. Pad.			0.20	1.06	23.31	0.43		0.25		1.08
Variação			0.04	1.13	543.28	0.18		0.06		1.17
Min.			15.54	28.25	712	11.30		18.48		17.86
Máx.			16.13	30.59	772	12.24		19.10		20.27
L5%			14.77		697	11.01				17.61
U5%			16.85		795	12.57				20.10
Min. Limit			15.40		740	11.52				
Max. Limit			16.30		800	12.16				12.00
Amostras			6	6	6	6		6		6

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			15.90	28.31	712	11.32		50.68		79.02
2			15.54	28.25	727	11.30		49.21		74.19
3			16.13	30.57	758	12.23		51.35		67.98
4			15.85	30.59	772	12.24		52.02		70.06
5			15.76	29.16	740	11.66		50.74		74.01
6			15.68	29.99	765	12.00		50.53		68.49
Média			15.81	29.48	746	11.79		50.75		72.29
Des. Pad.			0.20	1.06	23.31	0.43		0.94		4.24
Variação			0.04	1.13	543.28	0.18		0.88		17.98
Min.			15.54	28.25	712	11.30		49.21		67.98
Máx.			16.13	30.59	772	12.24		52.02		79.02
L5%			14.77		697	11.01				67.52
U5%			16.85		795	12.57				77.06
Min. Limit			15.40		740	11.52				
Max. Limit			16.30		800	12.16				
Amostras			6	6	6	6		6		6







WORKSHEET 1

ANOVA com um fator: Absorção versus Teste**Método**

Hipótese nula	Todas as médias são iguais
Hipótese alternativa	Nem todas as médias são iguais
Nível de significância	$\alpha = 0,05$

Assumiu-se igualdade de variâncias para a análise

Informações dos Fatores

Fator	Níveis Valores
Teste	4 T1; T2; T3; T4

Análise de Variância

Fonte	GL	SQ (Aj.)	QM (Aj.)	Valor F	Valor-P
Teste	3	14098	4699,29	116,25	0,000
Erro	44	1779	40,42		
Total	47	15877			

Sumário do Modelo

S	R2	R2(aj)	R2(pred)
6,35803	88,80%	88,03%	86,67%

Médias

Teste	N	Média	DesvPad	IC de 95%
T1	12	36,48	9,62	(32,78; 40,18)
T2	12	81,22	4,75	(77,52; 84,92)
T3	12	71,78	5,49	(68,08; 75,48)
T4	12	72,30	4,06	(68,60; 75,99)

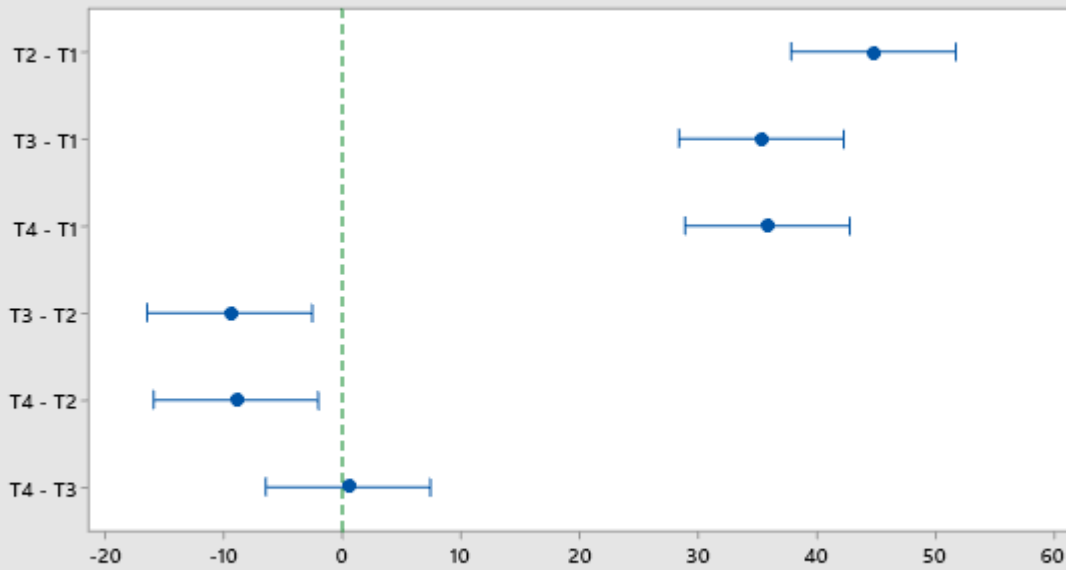
DesvPad Combinado = 6,35803

Comparações Emparelhadas de Tukey**Informações de Agrupamento Usando Método de Tukey e 95% de Confiança**

Teste	N	Média	Agrupamento
T2	12	81,22	A
T4	12	72,30	B
T3	12	71,78	B
T1	12	36,48	C

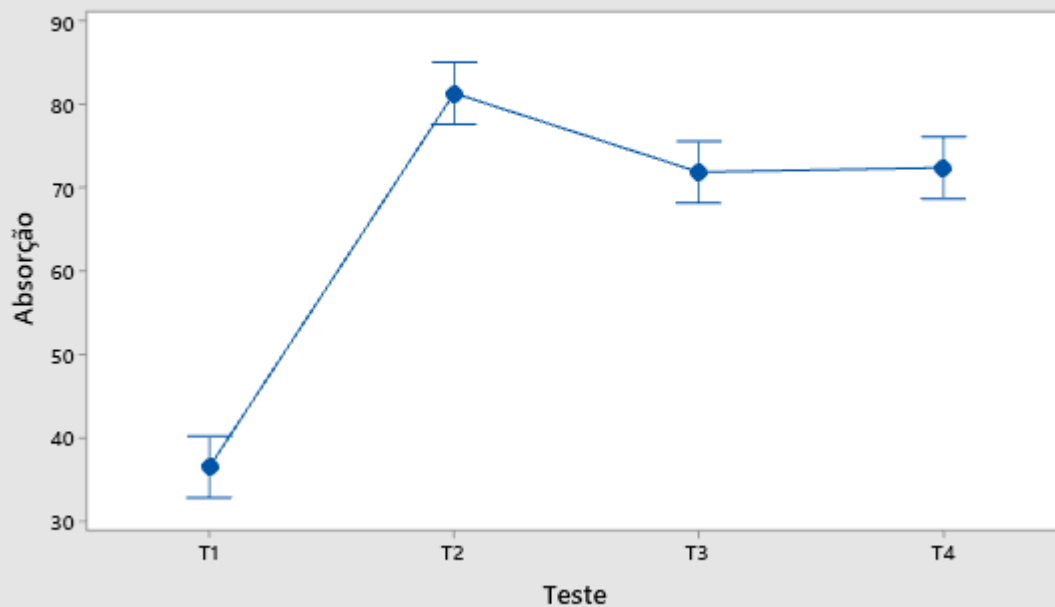
Médias que não compartilham uma letra são significativamente diferentes.

ICs Simultâneos de 95% de Tukey
Diferenças de Médias para Absorção



Se um intervalo não contiver o zero, as médias correspondentes serão significativamente diferentes.

Gráfico de Intervalos de Absorção versus Teste
IC de 95% para a Média



O desvio padrão combinado foi usado para calcular os intervalos.

WORKSHEET 1

ANOVA com um fator: Densidade Máx Dir versus Teste**Método**

Hipótese nula	Todas as médias são iguais
Hipótese alternativa	Nem todas as médias são iguais
Nível de significância	$\alpha = 0,05$

Assumiu-se igualdade de variâncias para a análise

Informações dos Fatores

Fator	Níveis Valores
Teste	4 T1; T2; T3; T4

Análise de Variância

Fonte	GL	SQ (Aj.)	QM (Aj.)	Valor F	Valor-P
Teste	3	141,8	47,26	0,02	0,996
Erro	20	43644,2	2182,21		
Total	23	43786,0			

Sumário do Modelo

S	R2	R2(aj)	R2(pred)
46,7141	0,32%	0,00%	0,00%

Médias

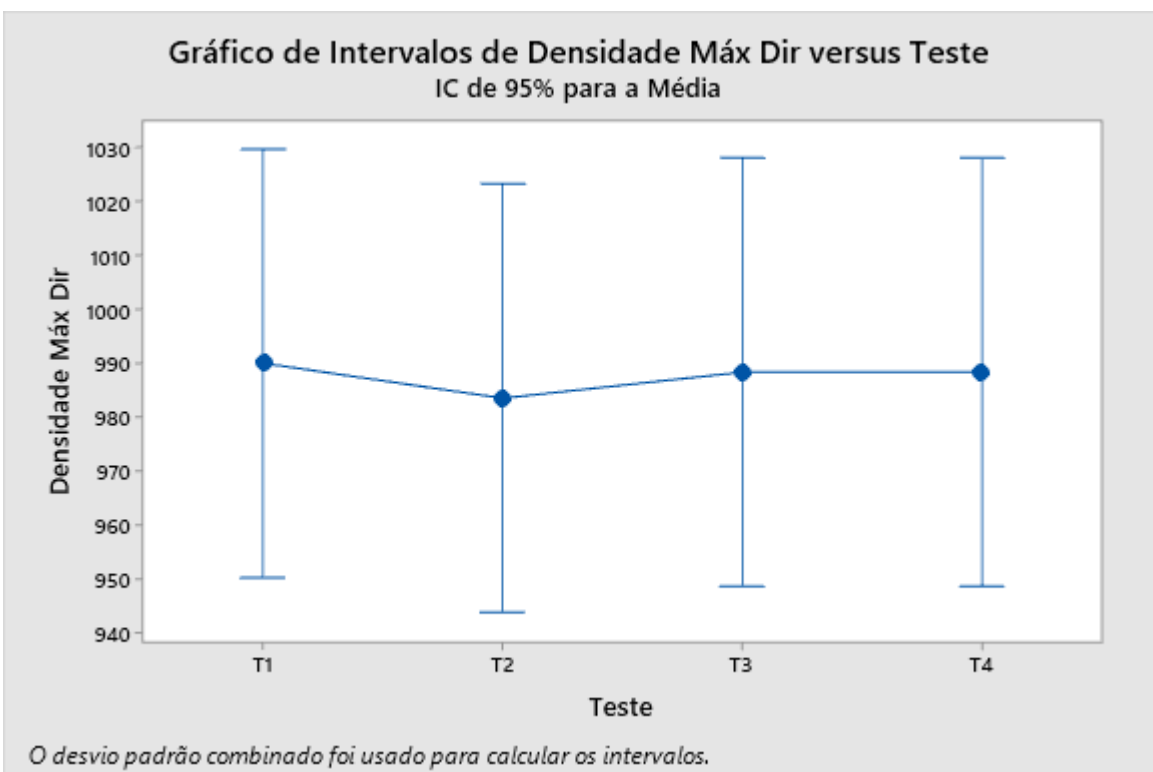
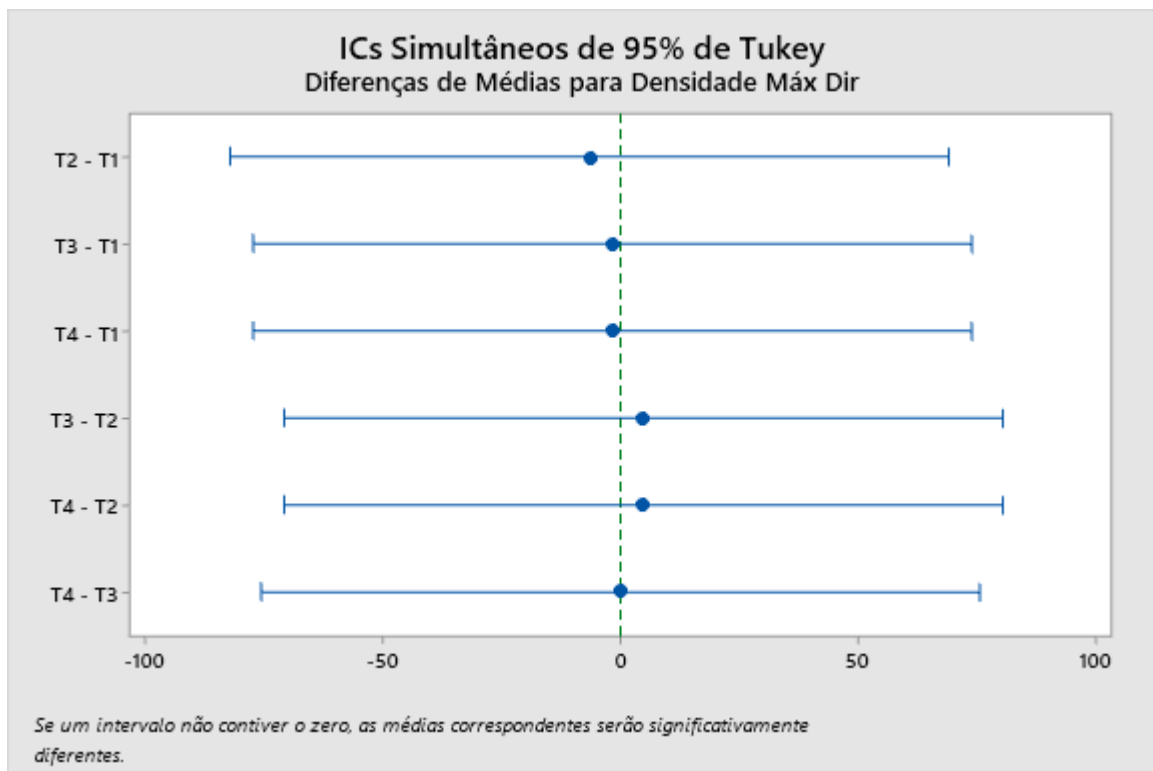
Teste	N	Média	DesvPad	IC de 95%
T1	6	990,0	53,1	(950,2; 1029,8)
T2	6	983,5	27,0	(943,7; 1023,3)
T3	6	988,3	40,2	(948,6; 1028,1)
T4	6	988,3	59,7	(948,6; 1028,1)

DesvPad Combinado = 46,7141

Comparações Emparelhadas de Tukey**Informações de Agrupamento Usando Método de Tukey e 95% de Confiança**

Teste	N	Média	Agrupamento
T1	6	990,0	A
T4	6	988,3	A
T3	6	988,3	A
T2	6	983,5	A

Médias que não compartilham uma letra são significativamente diferentes.



WORKSHEET 1

ANOVA com um fator: Densidade Máx Esq versus Teste**Método**

Hipótese nula	Todas as médias são iguais
Hipótese alternativa	Nem todas as médias são iguais
Nível de significância	$\alpha = 0,05$

Assumiu-se igualdade de variâncias para a análise

Informações dos Fatores

Fator	Níveis	Valores
Teste	4	T1; T2; T3; T4

Análise de Variância

Fonte	GL	SQ (Aj.)	QM (Aj.)	Valor F	Valor-P
Teste	3	859,3	286,4	0,09	0,965
Erro	20	64098,0	3204,9		
Total	23	64957,3			

Sumário do Modelo

S	R2	R2(aj)	R2(pred)
56,6118	1,32%	0,00%	0,00%

Médias

Teste	N	Média	DesvPad	IC de 95%
T1	6	977,8	62,7	(929,6; 1026,0)
T2	6	966,2	36,8	(918,0; 1014,4)
T3	6	982,2	42,9	(934,0; 1030,4)
T4	6	972,5	75,5	(924,3; 1020,7)

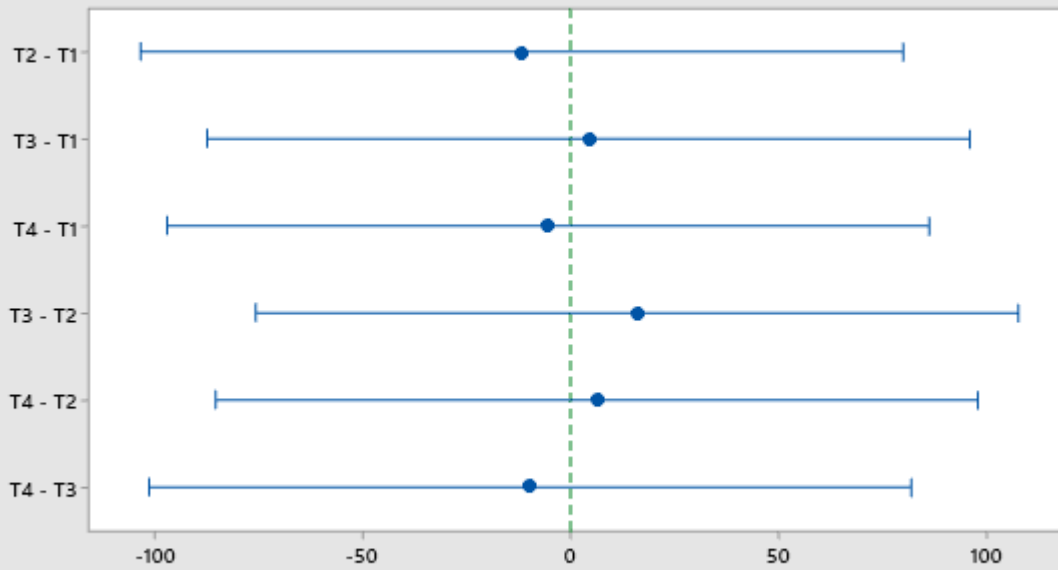
DesvPad Combinado = 56,6118

Comparações Emparelhadas de Tukey**Informações de Agrupamento Usando Método de Tukey e 95% de Confiança**

Teste	N	Média	Agrupamento
T3	6	982,2	A
T1	6	977,8	A
T4	6	972,5	A
T2	6	966,2	A

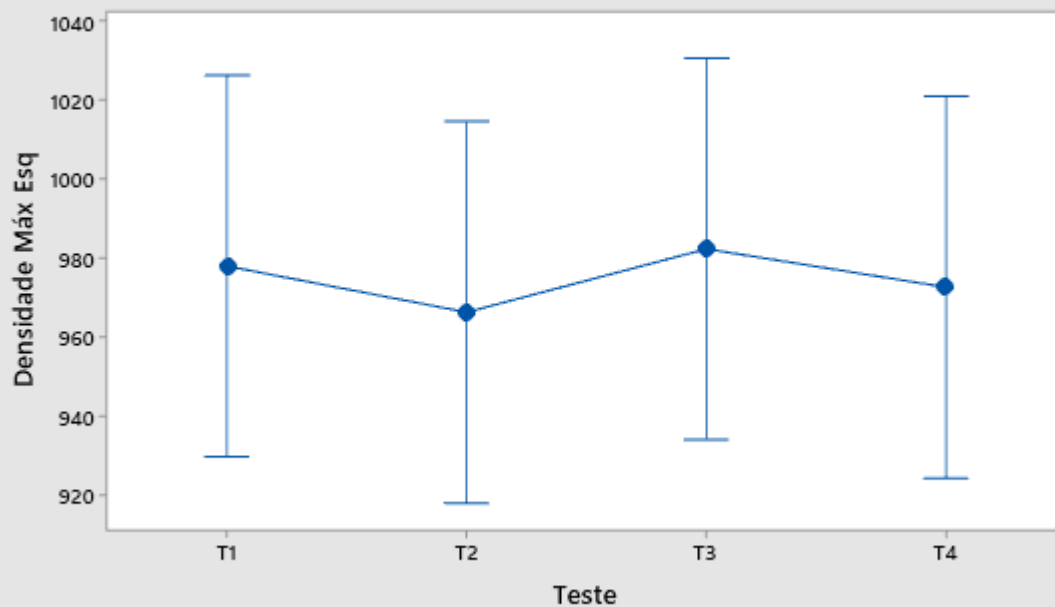
Médias que não compartilham uma letra são significativamente diferentes.

ICs Simultâneos de 95% de Tukey Diferenças de Médias para Densidade Máx Esq



Se um intervalo não contiver o zero, as médias correspondentes serão significativamente diferentes.

Gráfico de Intervalos de Densidade Máx Esq versus Teste IC de 95% para a Média



O desvio padrão combinado foi usado para calcular os intervalos.

WORKSHEET 1

ANOVA com um fator: Densidade Média versus Teste**Método**

Hipótese nula	Todas as médias são iguais
Hipótese alternativa	Nem todas as médias são iguais
Nível de significância	$\alpha = 0,05$

Assumiu-se igualdade de variâncias para a análise

Informações dos Fatores

Fator	Níveis	Valores
Teste	4	T1; T2; T3; T4

Análise de Variância

Fonte	GL	SQ (Aj.)	QM (Aj.)	Valor F	Valor-P
Teste	3	318,5	106,2	0,12	0,950
Erro	20	18287,2	914,4		
Total	23	18605,6			

Sumário do Modelo

S	R2	R2(aj)	R2(pred)
30,2384	1,71%	0,00%	0,00%

Médias

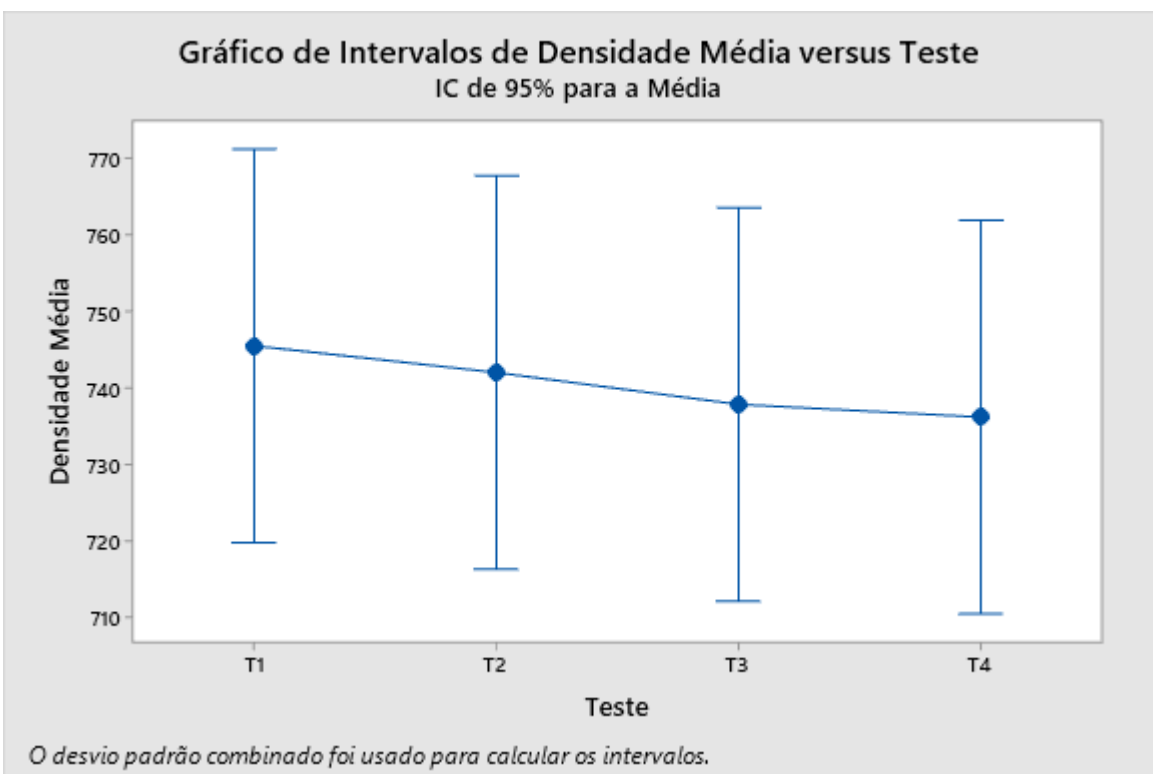
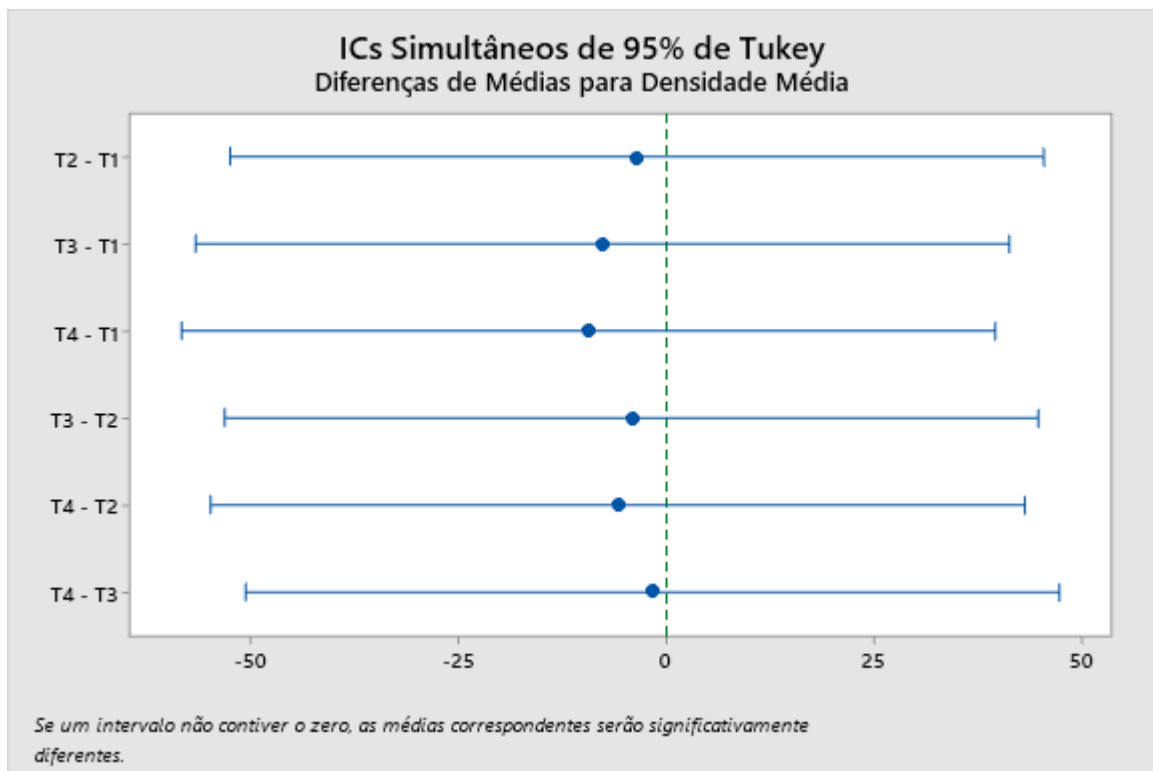
Teste	N	Média	DesvPad	IC de 95%
T1	6	745,5	33,9	(719,7; 771,3)
T2	6	742,00	14,39	(716,25; 767,75)
T3	6	737,83	24,01	(712,08; 763,58)
T4	6	736,2	41,6	(710,4; 761,9)

DesvPad Combinado = 30,2384

Comparações Emparelhadas de Tukey**Informações de Agrupamento Usando Método de Tukey e 95% de Confiança**

Teste	N	Média	Agrupamento
T1	6	745,5	A
T2	6	742,00	A
T3	6	737,83	A
T4	6	736,2	A

Médias que não compartilham uma letra são significativamente diferentes.



WORKSHEET 1

ANOVA com um fator: Densidade Mínima versus Teste**Método**

Hipótese nula	Todas as médias são iguais
Hipótese alternativa	Nem todas as médias são iguais
Nível de significância	$\alpha = 0,05$

Assumiu-se igualdade de variâncias para a análise

Informações dos Fatores

Fator	Níveis Valores
Teste	4 T1; T2; T3; T4

Análise de Variância

Fonte	GL	SQ (Aj.)	QM (Aj.)	Valor F	Valor-P
Teste	3	356,8	118,9	0,11	0,956
Erro	20	22501,7	1125,1		
Total	23	22858,5			

Sumário do Modelo

S	R2	R2(aj)	R2(pred)
33,5423	1,56%	0,00%	0,00%

Médias

Teste	N	Média	DesvPad	IC de 95%
T1	6	623,0	32,2	(594,4; 651,6)
T2	6	616,7	28,0	(588,1; 645,2)
T3	6	612,8	27,5	(584,3; 641,4)
T4	6	614,5	43,9	(585,9; 643,1)

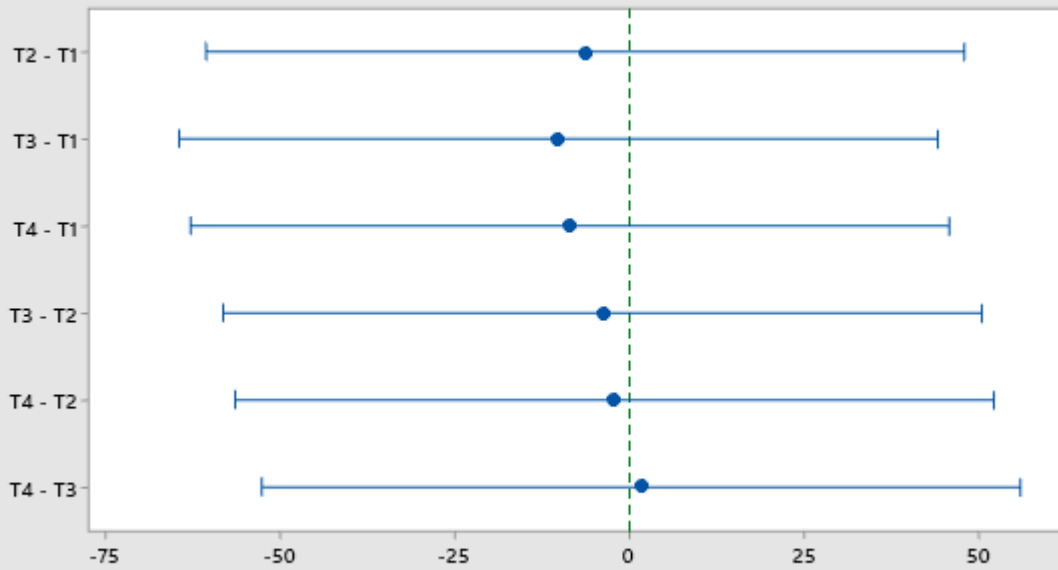
DesvPad Combinado = 33,5423

Comparações Emparelhadas de Tukey**Informações de Agrupamento Usando Método de Tukey e 95% de Confiança**

Teste	N	Média	Agrupamento
T1	6	623,0	A
T2	6	616,7	A
T4	6	614,5	A
T3	6	612,8	A

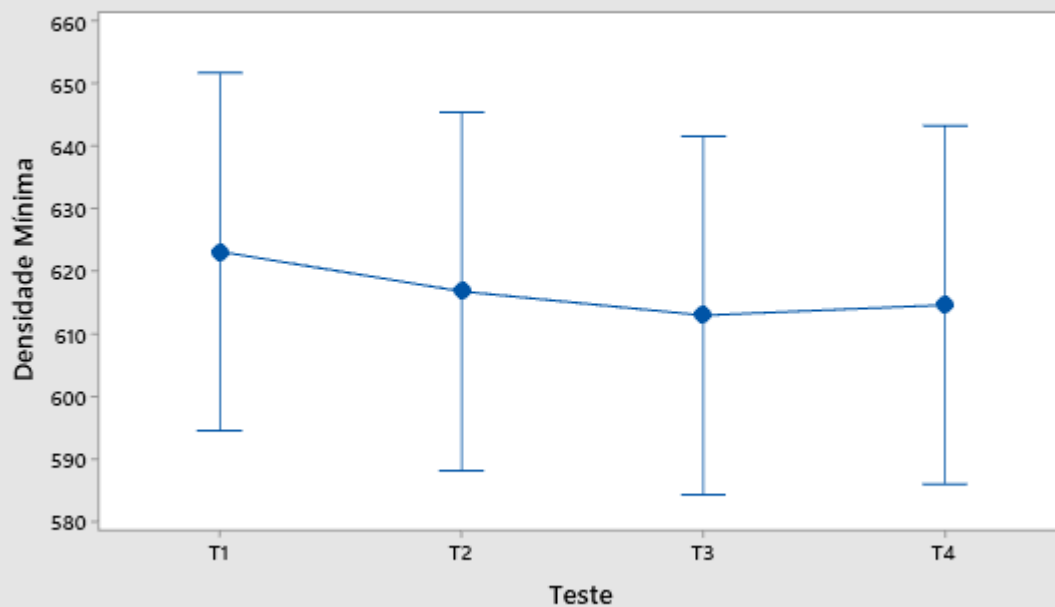
Médias que não compartilham uma letra são significativamente diferentes.

ICs Simultâneos de 95% de Tukey Diferenças de Médias para Densidade Mínima



Se um intervalo não contiver o zero, as médias correspondentes serão significativamente diferentes.

Gráfico de Intervalos de Densidade Mínima versus Teste IC de 95% para a Média



O desvio padrão combinado foi usado para calcular os intervalos.

WORKSHEET 1

ANOVA com um fator: Densidade versus Teste**Método**

Hipótese nula	Todas as médias são iguais
Hipótese alternativa	Nem todas as médias são iguais
Nível de significância	$\alpha = 0,05$

Assumiu-se igualdade de variâncias para a análise

Informações dos Fatores

Fator	Níveis Valores
Teste	4 T1; T2; T3; T4

Análise de Variância

Fonte	GL	SQ (Aj.)	QM (Aj.)	Valor F	Valor-P
Teste	3	425,5	141,8	0,22	0,880
Erro	44	27981,2	635,9		
Total	47	28406,7			

Sumário do Modelo

S	R2	R2(aj)	R2(pred)
25,2178	1,50%	0,00%	0,00%

Médias

Teste	N	Média	DesvPad	IC de 95%
T1	12	749,33	29,94	(734,66; 764,00)
T2	12	750,25	18,51	(735,58; 764,92)
T3	12	744,00	21,72	(729,33; 758,67)
T4	12	743,75	28,86	(729,08; 758,42)

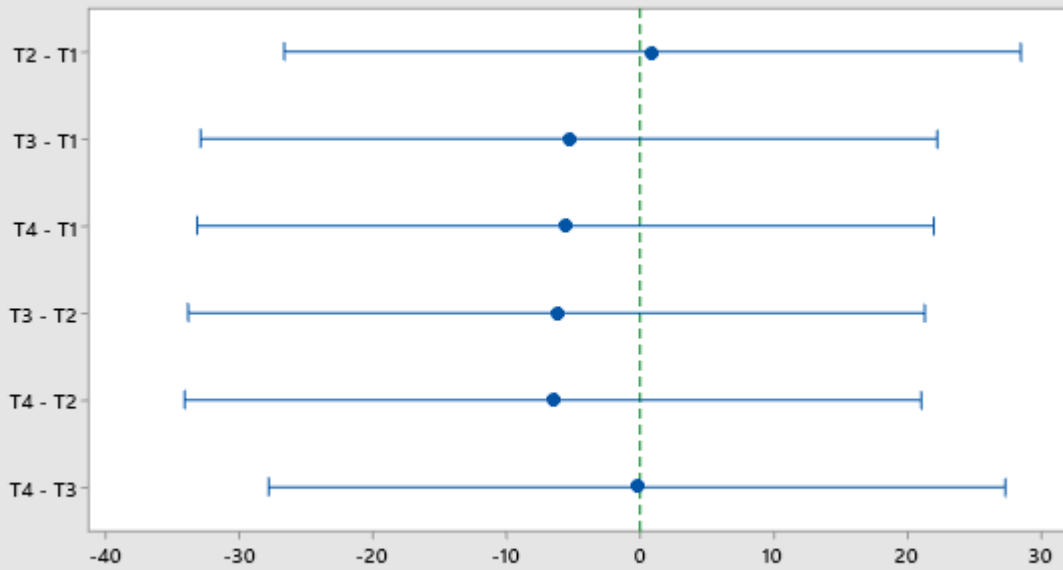
DesvPad Combinado = 25,2178

Comparações Emparelhadas de Tukey**Informações de Agrupamento Usando Método de Tukey e 95% de Confiança**

Teste	N	Média	Agrupamento
T2	12	750,25	A
T1	12	749,33	A
T3	12	744,00	A
T4	12	743,75	A

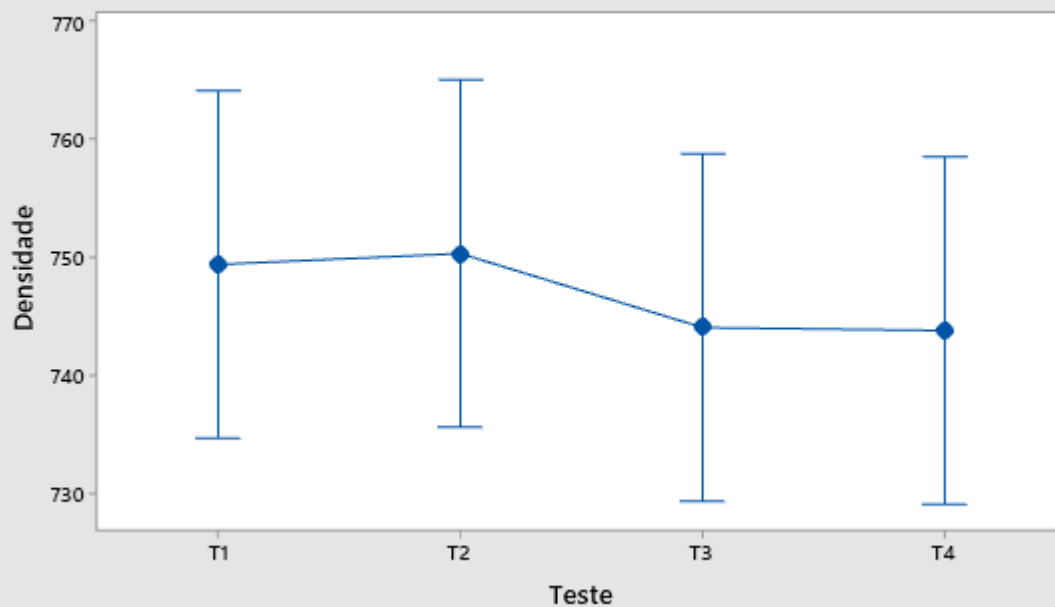
Médias que não compartilham uma letra são significativamente diferentes.

ICs Simultâneos de 95% de Tukey Diferenças de Médias para Densidade



Se um intervalo não contiver o zero, as médias correspondentes serão significativamente diferentes.

Gráfico de Intervalos de Densidade versus Teste IC de 95% para a Média



O desvio padrão combinado foi usado para calcular os intervalos.

WORKSHEET 1

ANOVA com um fator: Inchamento versus Teste**Método**

Hipótese nula	Todas as médias são iguais
Hipótese alternativa	Nem todas as médias são iguais
Nível de significância	$\alpha = 0,05$

Assumiu-se igualdade de variâncias para a análise

Informações dos Fatores

Fator	Níveis Valores
Teste	4 T1; T2; T3; T4

Análise de Variância

Fonte	GL	SQ (Aj.)	QM (Aj.)	Valor F	Valor-P
Teste	3	1271,55	423,851	203,63	0,000
Erro	44	91,59	2,082		
Total	47	1363,14			

Sumário do Modelo

S	R2	R2(aj)	R2(pred)
1,44274	93,28%	92,82%	92,00%

Médias

Teste	N	Média	DesvPad	IC de 95%
T1	12	7,462	2,304	(6,622; 8,301)
T2	12	20,412	0,815	(19,572; 21,251)
T3	12	18,453	1,179	(17,613; 19,292)
T4	12	18,812	0,981	(17,972; 19,651)

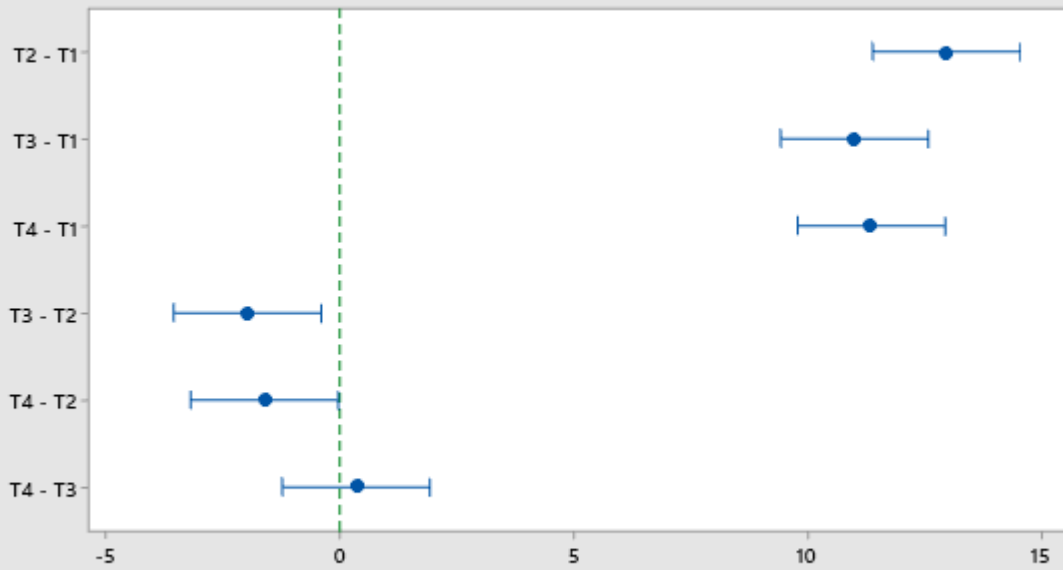
DesvPad Combinado = 1,44274

Comparações Emparelhadas de Tukey**Informações de Agrupamento Usando Método de Tukey e 95% de Confiança**

Teste	N	Média	Agrupamento
T2	12	20,412	A
T4	12	18,812	B
T3	12	18,453	B
T1	12	7,462	C

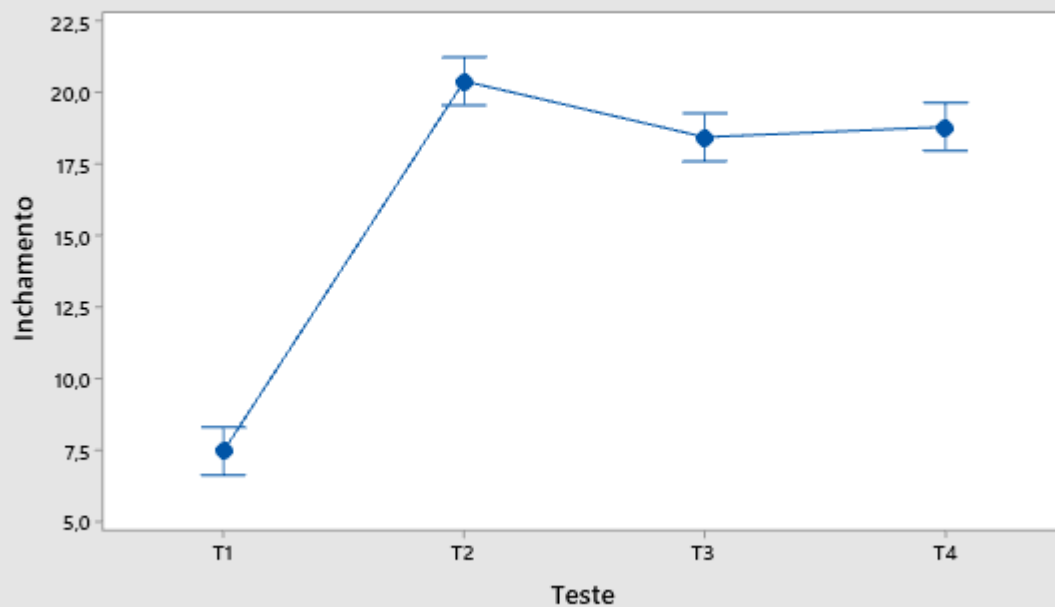
Médias que não compartilham uma letra são significativamente diferentes.

ICs Simultâneos de 95% de Tukey
Diferenças de Médias para Inchamento



Se um intervalo não contiver o zero, as médias correspondentes serão significativamente diferentes.

Gráfico de Intervalos de Inchamento versus Teste
IC de 95% para a Média



O desvio padrão combinado foi usado para calcular os intervalos.

WORKSHEET 1

ANOVA com um fator: MOE versus Teste**Método**

Hipótese nula	Todas as médias são iguais
Hipótese alternativa	Nem todas as médias são iguais
Nível de significância	$\alpha = 0,05$

Assumiu-se igualdade de variâncias para a análise

Informações dos Fatores

Fator	Níveis	Valores
Teste	4	T1; T2; T3; T4

Análise de Variância

Fonte	GL	SQ (Aj.)	QM (Aj.)	Valor F	Valor-P
Teste	3	47682346	15894115	6,79	0,006
Erro	12	28106327	2342194		
Total	15	75788674			

Sumário do Modelo

S	R2	R2(aj)	R2(pred)
1530,42	62,91%	53,64%	34,07%

Médias

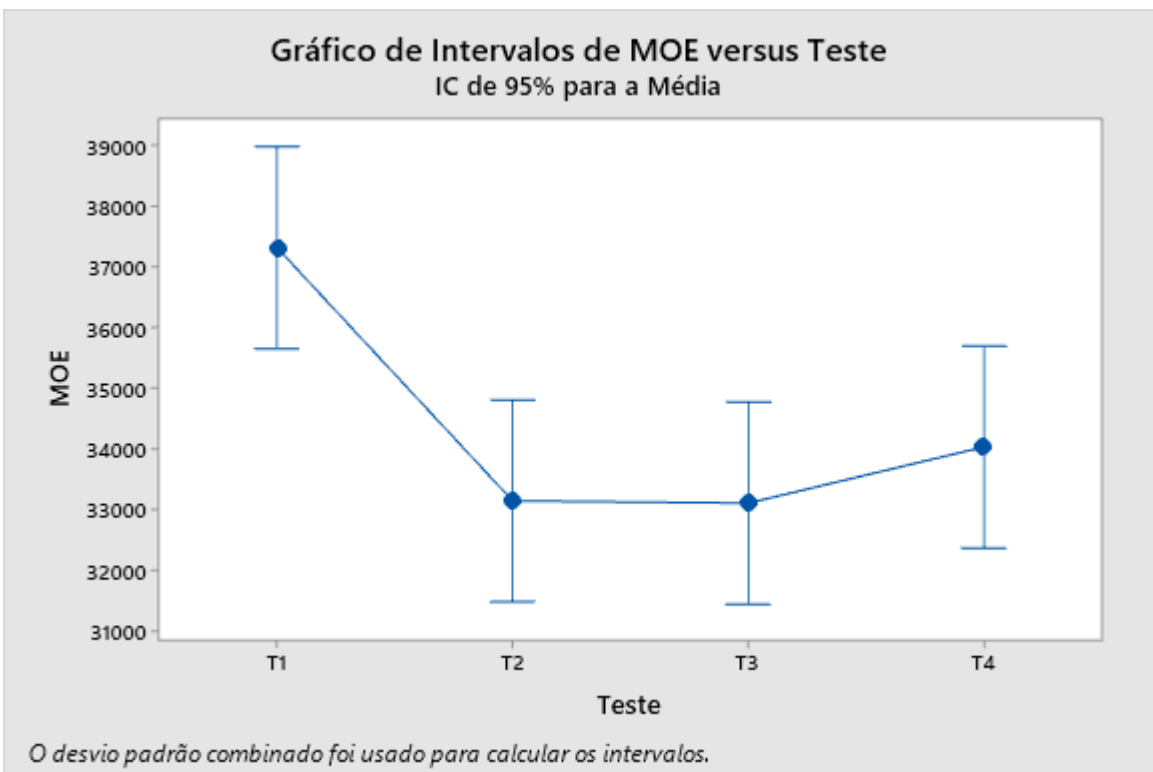
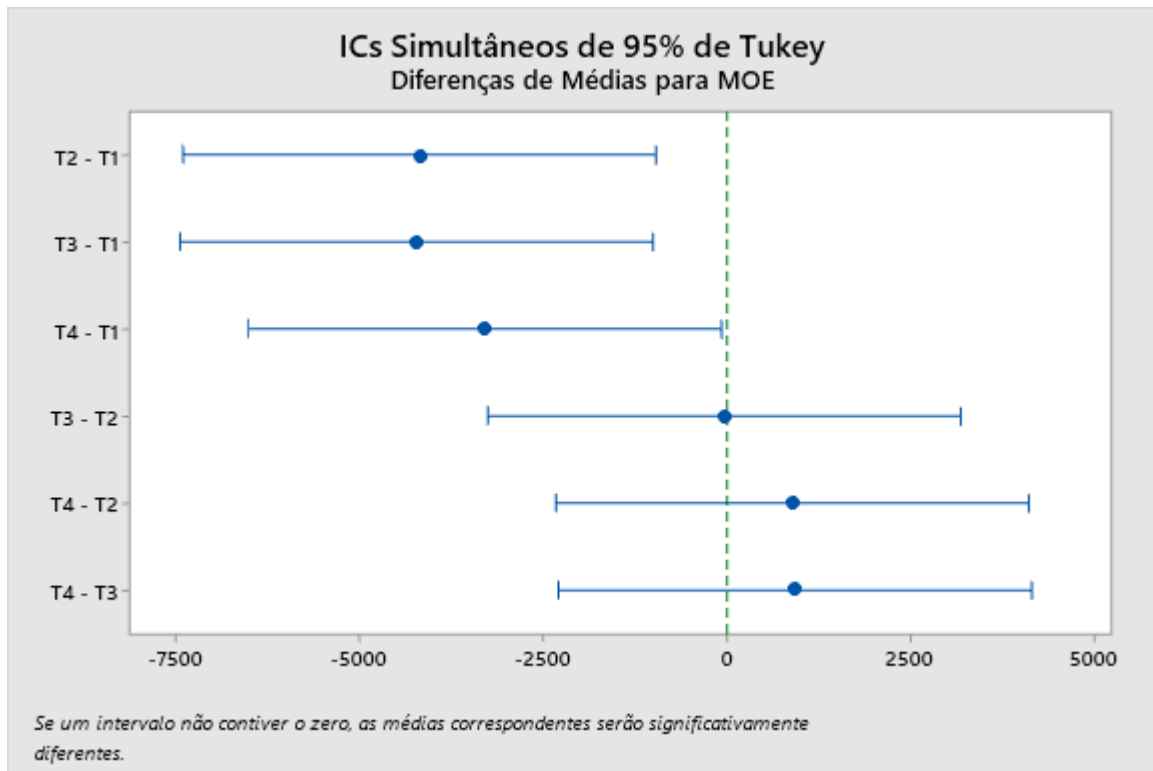
Teste	N	Média	DesvPad	IC de 95%
T1	4	37318	1846	(35651; 38986)
T2	4	33140	1038	(31473; 34808)
T3	4	33103	2054	(31436; 34771)
T4	4	34031	815	(32364; 35698)

DesvPad Combinado = 1530,42

Comparações Emparelhadas de Tukey**Informações de Agrupamento Usando Método de Tukey e 95% de Confiança**

Teste	N	Média	Agrupamento
T1	4	37318	A
T4	4	34031	B
T2	4	33140	B
T3	4	33103	B

Médias que não compartilham uma letra são significativamente diferentes.



WORKSHEET 1

ANOVA com um fator: MOR versus Teste**Método**

Hipótese nula	Todas as médias são iguais
Hipótese alternativa	Nem todas as médias são iguais
Nível de significância	$\alpha = 0,05$

Assumiu-se igualdade de variâncias para a análise

Informações dos Fatores

Fator	Níveis	Valores
Teste	4	T1; T2; T3; T4

Análise de Variância

Fonte	GL	SQ (Aj.)	QM (Aj.)	Valor F	Valor-P
Teste	3	7689	2563,2	7,40	0,005
Erro	12	4155	346,3		
Total	15	11845			

Sumário do Modelo

S	R2	R2(aj)	R2(pred)
18,6086	64,92%	56,15%	37,63%

Médias

Teste	N	Média	DesvPad	IC de 95%
T1	4	375,0	34,3	(354,7; 395,2)
T2	4	317,575	1,081	(297,303; 337,847)
T3	4	335,68	8,96	(315,40; 355,95)
T4	4	359,08	11,16	(338,80; 379,35)

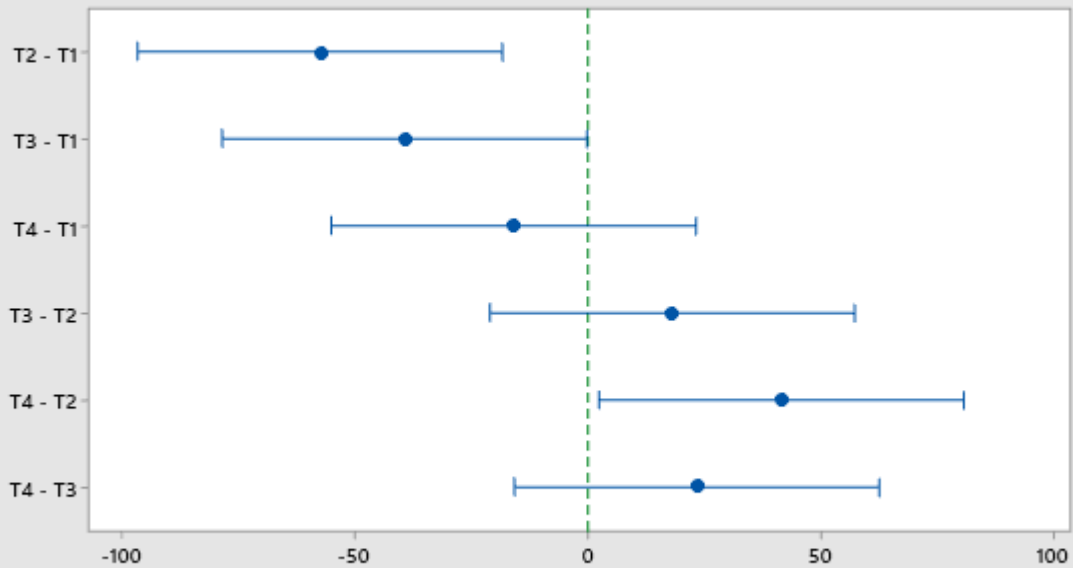
DesvPad Combinado = 18,6086

Comparações Emparelhadas de Tukey**Informações de Agrupamento Usando Método de Tukey e 95% de Confiança**

Teste	N	Média	Agrupamento
T1	4	375,0	A
T4	4	359,08	A B
T3	4	335,68	B C
T2	4	317,575	C

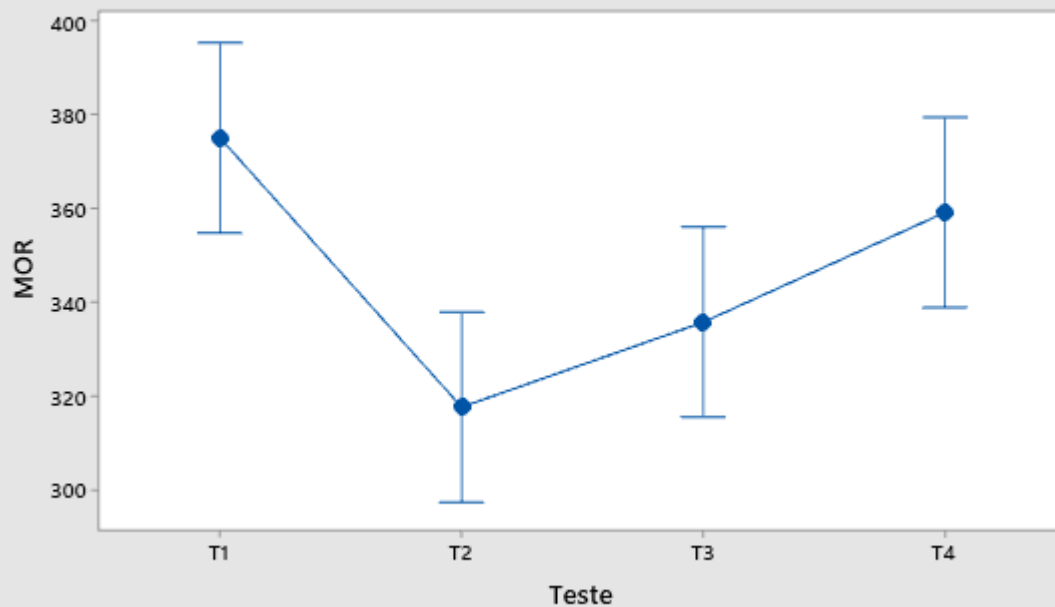
Médias que não compartilham uma letra são significativamente diferentes.

ICs Simultâneos de 95% de Tukey Diferenças de Médias para MOR



Se um intervalo não contiver o zero, as médias correspondentes serão significativamente diferentes.

Gráfico de Intervalos de MOR versus Teste IC de 95% para a Média



O desvio padrão combinado foi usado para calcular os intervalos.

WORKSHEET 1

ANOVA com um fator: T. Perpendicular versus Teste

Método

Hipótese nula	Todas as médias são iguais
Hipótese alternativa	Nem todas as médias são iguais
Nível de significância	$\alpha = 0,05$

Assumiu-se igualdade de variâncias para a análise

Informações dos Fatores

Fator	Níveis	Valores
Teste	4	T1; T2; T3; T4

Análise de Variância

Fonte	GL	SQ (Aj.)	QM (Aj.)	Valor F	Valor-P
Teste	3	87,39	29,1302	84,89	0,000
Erro	44	15,10	0,3432		
Total	47	102,49			

Sumário do Modelo

S	R2	R2(aj)	R2(pred)
0,585801	85,27%	84,26%	82,47%

Médias

Teste	N	Média	DesvPad	IC de 95%
T1	12	7,025	0,838	(6,684; 7,366)
T2	12	4,150	0,493	(3,809; 4,491)
T3	12	3,733	0,442	(3,393; 4,074)
T4	12	3,900	0,482	(3,559; 4,241)

DesvPad Combinado = 0,585801

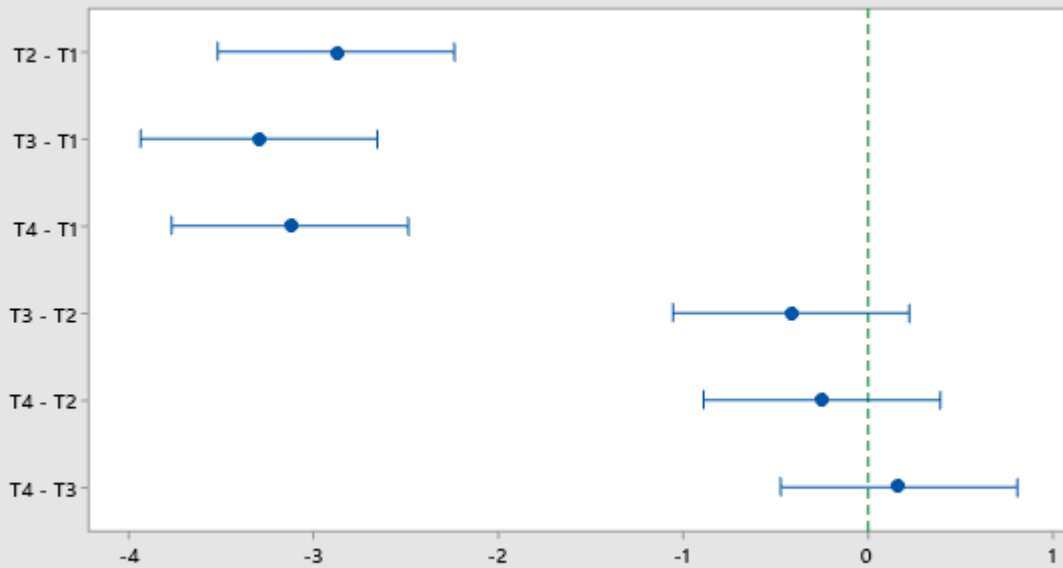
Comparações Emparelhadas de Tukey

Informações de Agrupamento Usando Método de Tukey e 95% de Confiança

Teste	N	Média	Agrupamento
T1	12	7,025	A
T2	12	4,150	B
T4	12	3,900	B
T3	12	3,733	B

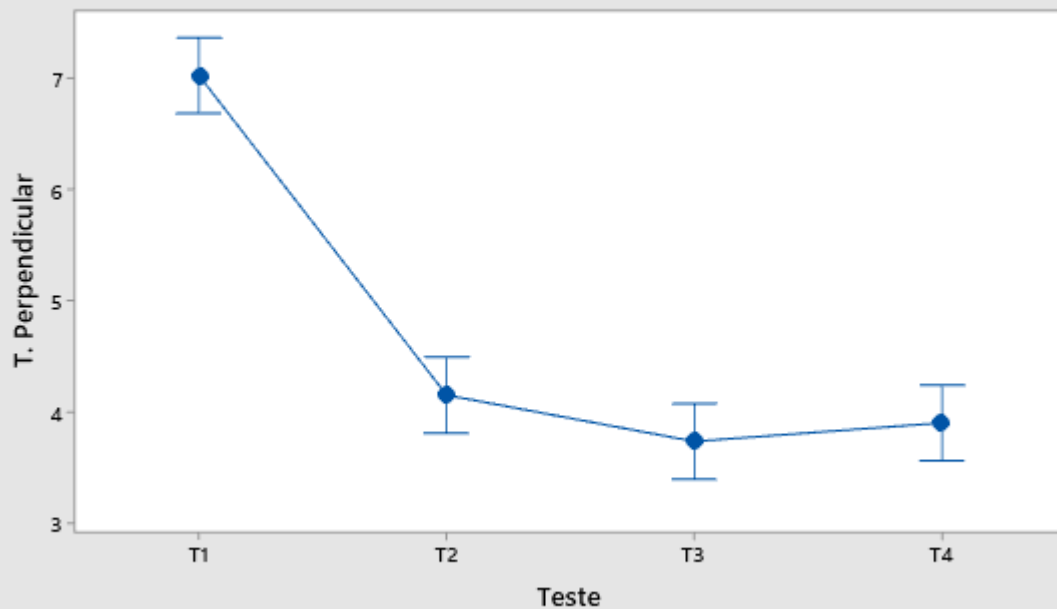
Médias que não compartilham uma letra são significativamente diferentes.

ICs Simultâneos de 95% de Tukey
Diferenças de Médias para T. Perpendicular



Se um intervalo não contiver o zero, as médias correspondentes serão significativamente diferentes.

Gráfico de Intervalos de T. Perpendicular versus Teste
IC de 95% para a Média



O desvio padrão combinado foi usado para calcular os intervalos.

WORKSHEET 1

ANOVA com um fator: T. Superficial versus Teste**Método**

Hipótese nula Todas as médias são iguais
 Hipótese alternativa Nem todas as médias são iguais
 Nível de significância $\alpha = 0,05$

Assumiu-se igualdade de variâncias para a análise

Informações dos Fatores

Fator	Níveis	Valores
Teste	4	T1; T2; T3; T4

Análise de Variância

Fonte	GL	SQ (Aj.)	QM (Aj.)	Valor F	Valor-P
Teste	3	207,38	69,128	44,66	0,000
Erro	44	68,11	1,548		
Total	47	275,49			

Sumário do Modelo

S	R2	R2(aj)	R2(pred)
1,24415	75,28%	73,59%	70,58%

Médias

Teste	N	Média	DesvPad	IC de 95%
T1	12	15,125	1,610	(14,401; 15,849)
T2	12	10,717	0,945	(9,993; 11,440)
T3	12	10,508	0,826	(9,785; 11,232)
T4	12	9,900	1,423	(9,176; 10,624)

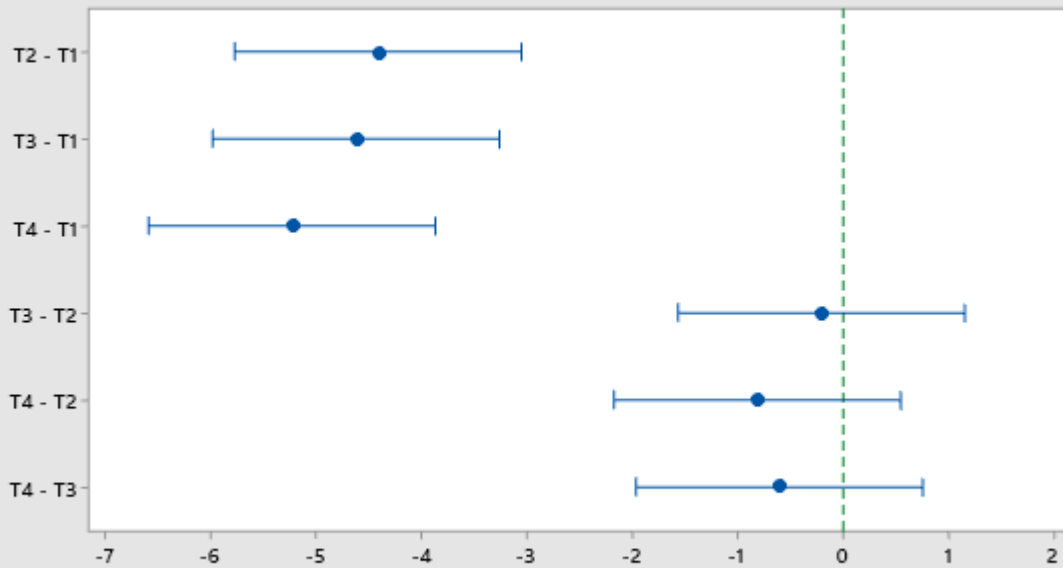
DesvPad Combinado = 1,24415

Comparações Emparelhadas de Tukey**Informações de Agrupamento Usando Método de Tukey e 95% de Confiança**

Teste	N	Média	Agrupamento
T1	12	15,125	A
T2	12	10,717	B
T3	12	10,508	B
T4	12	9,900	B

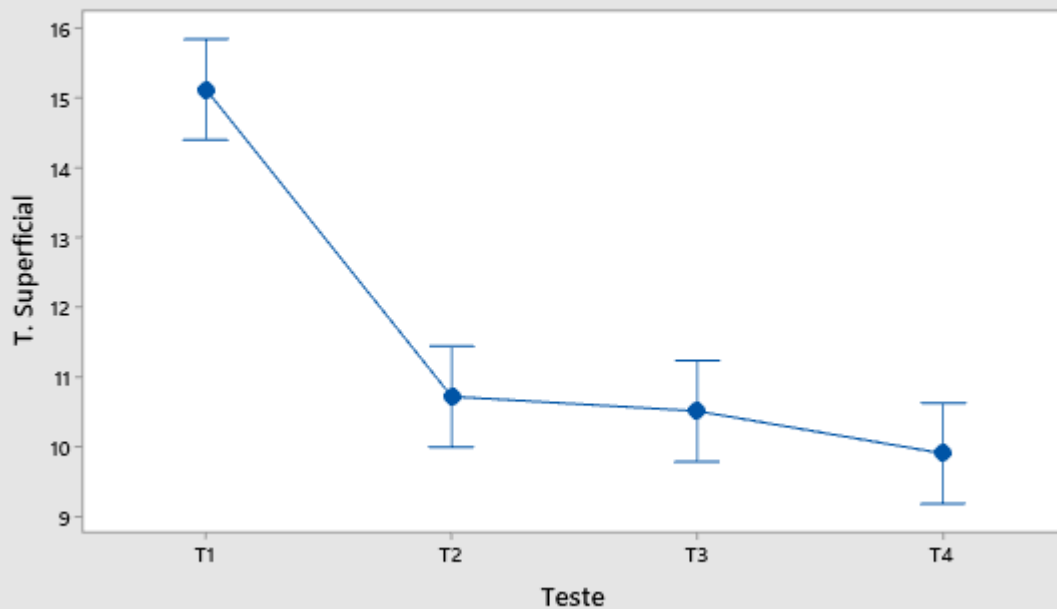
Médias que não compartilham uma letra são significativamente diferentes.

ICs Simultâneos de 95% de Tukey Diferenças de Médias para T. Superficial



Se um intervalo não contiver o zero, as médias correspondentes serão significativamente diferentes.

Gráfico de Intervalos de T. Superficial versus Teste IC de 95% para a Média



O desvio padrão combinado foi usado para calcular os intervalos.

WORKSHEET 1

ANOVA com um fator: Umidade versus Teste**Método**

Hipótese nula	Todas as médias são iguais
Hipótese alternativa	Nem todas as médias são iguais
Nível de significância	$\alpha = 0,05$

Assumiu-se igualdade de variâncias para a análise

Informações dos Fatores

Fator	Níveis	Valores
Teste	4	T1; T2; T3; T4

Análise de Variância

Fonte	GL	SQ (Aj.)	QM (Aj.)	Valor F	Valor-P
Teste	3	0,5468	0,18227	9,46	0,000
Erro	20	0,3855	0,01928		
Total	23	0,9324			

Sumário do Modelo

S	R2	R2(aj)	R2(pred)
0,138843	58,65%	52,45%	40,45%

Médias

Teste	N	Média	DesvPad	IC de 95%
T1	6	7,2750	0,0789	(7,1568; 7,3932)
T2	6	7,0733	0,1628	(6,9551; 7,1916)
T3	6	7,0133	0,1679	(6,8951; 7,1316)
T4	6	6,8533	0,1272	(6,7351; 6,9716)

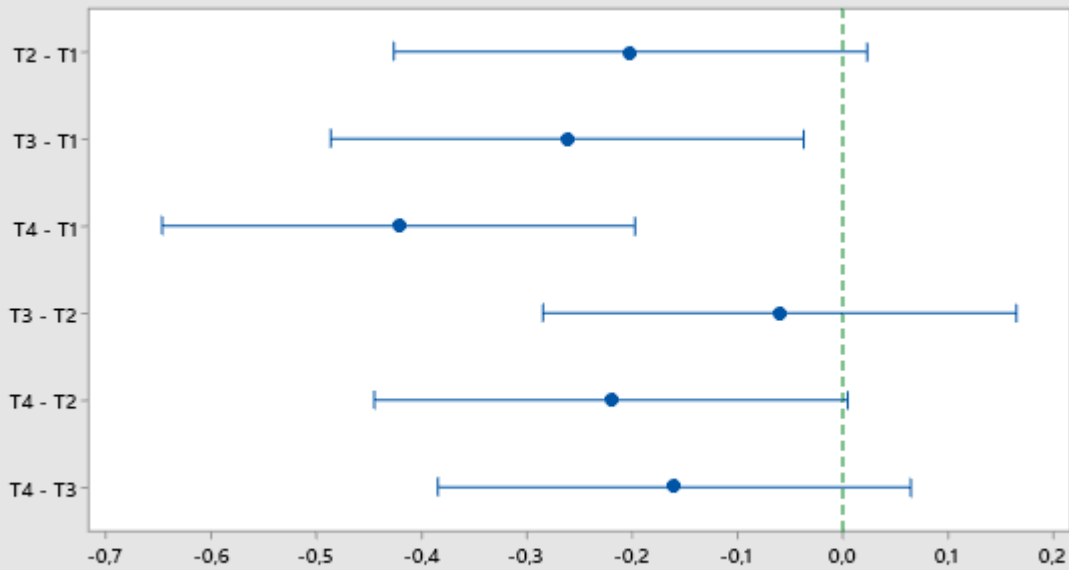
DesvPad Combinado = 0,138843

Comparações Emparelhadas de Tukey**Informações de Agrupamento Usando Método de Tukey e 95% de Confiança**

Teste	N	Média	Agrupamento
T1	6	7,2750	A
T2	6	7,0733	A B
T3	6	7,0133	B
T4	6	6,8533	B

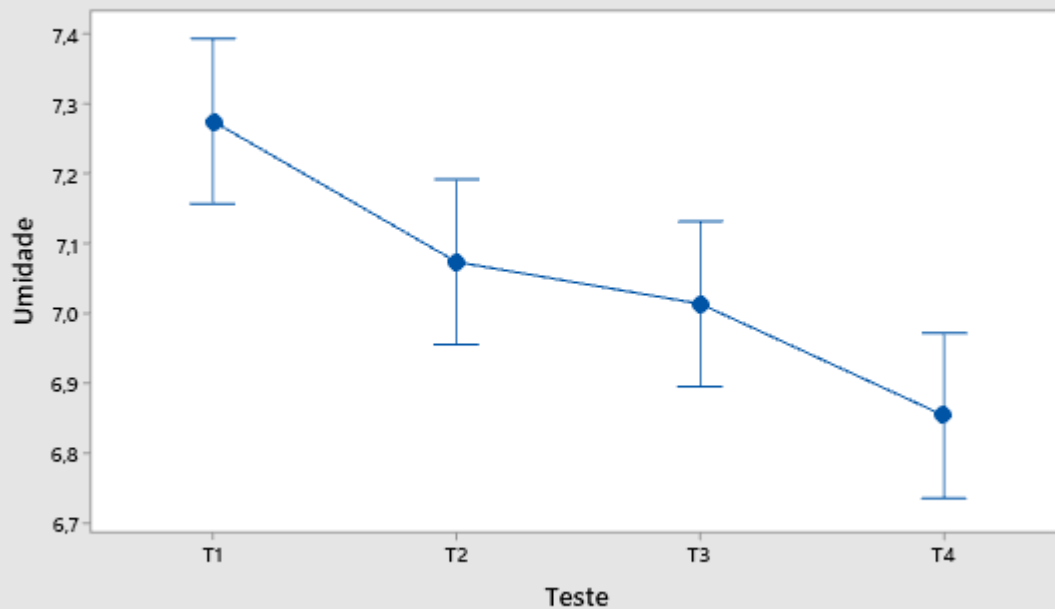
Médias que não compartilham uma letra são significativamente diferentes.

ICs Simultâneos de 95% de Tukey Diferenças de Médias para Umidade



Se um intervalo não contiver o zero, as médias correspondentes serão significativamente diferentes.

Gráfico de Intervalos de Umidade versus Teste IC de 95% para a Média



O desvio padrão combinado foi usado para calcular os intervalos.