



Universidade Estadual Paulista
“Júlio de Mesquita Filho”



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

VALTER ROBERTO DE BRITO CELESTINO

**ESTUDO DO COMPORTAMENTO FÍSICO E
MECÂNICO DE PAINÉIS AGLOMERADOS
FABRICADOS COM PARTÍCULAS DE *TECTONA
GRANDIS* E *CORYMBIA CITRIODORA***

BAURU, SP

Setembro-2020

VALTER ROBERTO DE BRITO CELESTINO

**ESTUDO DO COMPORTAMENTO FÍSICO E
MECÂNICO DE PAINÉIS AGLOMERADOS
FABRICADOS COM PARTÍCULAS DE TECTONA
GRANDIS E CORYMBIA CITRIODORA**

Tese apresentada ao programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, na área de Processos de Fabricação, da Faculdade de Engenharia de Bauru, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. Ivaldo De Domenico Valarelli

BAURU, SP

Setembro-2020

Celestino, V. R. B.

Estudo do comportamento físico e mecânico de painéis aglomerados fabricados com partículas de *Tectona grandis* e *Corymbia citriodora* / Valter Roberto de Brito Celestino, 2020 210 f.

Orientador: Prof. DRº Ivaldo De Domenico Valarelli

Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia, Bauru, 2020.

1. Painéis de Partículas. 2. *Tectona grandis*. 3. *Corymbia citriodora*. 4. Resina poliuretana. 5. microtomografia. 6. Densitometria de raios X.

I. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia. II Título.

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA TESE DE DOUTORADO DE VALTER ROBERTO DE BRITO CELESTINO, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA, DA FACULDADE DE ENGENHARIA - CÂMPUS DE BAURU.

Aos 13 dias do mês de julho do ano de 2020, às 09:30 horas, no(a) Via Sistema de videoconferência e outras ferramentas de comunicação a distância, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Prof. Dr. IVALDO DE DOMENICO VALARELLI - Orientador(a) do(a) Departamento de Engenharia Mecânica / Faculdade de Engenharia de Bauru - UNESP, Prof. Dr. EDUARDO CARLOS BIANCHI do(a) Departamento de Engenharia Mecânica / FEB/UNESP/Bauru, Prof. Dr. MANOEL CLÉBER DE SAMPAIO ALVES do(a) Departamento de Materiais e Tecnologia / Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Prof. Dr. LUIZ DARE NETO do(a) Departamento de Engenharia Mecânica / Faculdade de Engenharia de Bauru - UNESP, Prof. Dr. ELSON AVALLONE do(a) Departamento de Indústria / Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP) - Câmpus de Catanduva/SP, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da TESE DE DOUTORADO de VALTER ROBERTO DE BRITO CELESTINO, intitulada **ESTUDO DO COMPORTAMENTO FÍSICO E MECÂNICO DE PAINÉIS AGLOMERADOS FABRICADOS COM PARTÍCULAS DE TECA E CORYMBIA CITRIODORA**. 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 *Valarelli*
 P/ Prof. Dr. EDUARDO CARLOS BIANCHI *Valarelli*
 P/ Prof. Dr. MANOEL CLÉBER DE SAMPAIO ALVES *Valarelli*
 P/ Prof. Dr. LUIZ DARE NETO *Valarelli*
 P/ Prof. Dr. ELSON AVALLONE *Valarelli*

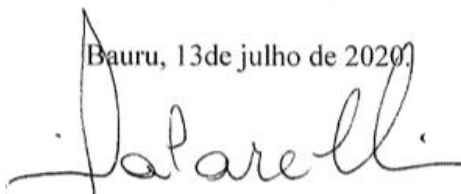
PROPOSTA PARA ALTERAÇÃO DE TÍTULO

A BANCA EXAMINADORA PROPÕE A ALTERAÇÃO DO TÍTULO DO TRABALHO DO ALUNO: **VALTER ROBERTO DE BRITO CELESTINO**

DE: " ESTUDO DO COMPORTAMENTO FÍSICO E MECÂNICO DE PANÉIS AGLOMERADOS FABRICADOS COM PARTICULAS DE *TECA* E *CORYMBIA CITRIODORA* "

PARA: " ESTUDO DO COMPORTAMENTO FÍSICO E MECÂNICO DE PAINÉIS AGLOMERADOS FABRICADOS COM PARTÍCULAS DE *TECTONA GRANDIS* E *CORYMBIA CITRIODORA* "

Bauru, 13 de julho de 2020

A handwritten signature in black ink, which appears to read "Valarelli", is written over a faint, larger version of the same signature.

Prof. Dr. Ivaldo de Domenico Valarelli
Orientador

Dedico este trabalho a toda minha família, meus avós paternos e maternos (in memoriam), meus pais Jarbas Tavares Celestino e Gilza Celeste de Brito, que souberam me ensinar e educar para enfrentar a vida e superar os desafios, minha esposa Cristina de Almeida Oliveira, pelo carinho e atenção e com quem divido todos estes anos de luta, meu filho Péricles Augusto de oliveira Celestino, que serve diariamente de motivação para buscar cada vez mais vitórias ao longo da carreira e da vida.

Dedico também a alma de minha sogra Francisca de Almeida Oliveira, que partiu deixando uma lacuna gigantesca em nossas vidas, que dificilmente será preenchida por palavras, mas onde estiver, receba minha gratidão eterna pelo convívio harmonioso de uma família maravilhosa que me proporcionou fazer parte.

AGRADECIMENTOS

Agradecimento a Deus pai, todo poderoso, por mais um dia, por tudo que eu tenho e pela minha família, e todos aqueles que acompanharam minha trajetória incansável em busca de conhecimento e de um futuro melhor para mim, minha esposa Cristina de Almeida Oliveira e meu filho Péricles Augusto de Oliveira Celestino.

Agradecimento ao professor Dr. Ivaldo De Domenico Valarelli, que como professor e orientador, pode compartilhar de sua amizade sincera e verdadeira, seus conselhos e sua sabedoria ao lidar com seus aprendizes de forma a transformar alunos em parceiros de trabalho e pesquisa, amizade essa que espero aproveitar por muitos anos mais.

Agradecimento ao professor Dr. Manoel Cleber de Sampaio Alves, pela amizade e pela imensa ajuda durante estes anos todos de trabalho, por sua orientação durante o mestrado acadêmico, que proporcionou as condições necessárias para continuar meu empenho e dedicação para a realização dessa jornada de conhecimento até os dias atuais.

Agradecimento especial ao Professor Doutor Eduardo Carlos Bianchi que com paciência e sabedoria nos ajudou a conduzir este trabalho de forma segura com seus conselhos e ensinamentos espetaculares, e que essa amizade seja longa e produtiva sempre.

Agradecimento especial ao professor Dr. Mario Tommaziello Filho, e toda sua equipe, que nos abriram as portas dos laboratórios de processamento de madeira da ESALQ-Piracicaba, contribuindo muito para ampliação do conhecimento em diferentes áreas de trabalho, como a análise tridimensional em estruturas de madeira e compósitos.

Agradecimento aos professores Doutores Carlos Alberto Soufen, Elson Avallone, Luiz Daré Neto e demais professores da UNESP de Bauru, seus técnicos de laboratório, secretários, diretores acadêmicos e todos que direta e indiretamente fazem essa instituição ser reconhecida nacional e internacionalmente.

Agradecimento a todos os colegas de jornada durante o mestrado e agora findando o doutorado acadêmico, sou grato pela amizade e pela oportunidade de estudar e aprender muito com todos vocês.

Agradeço de coração ao amigo Marcus Antônio Pereira Bueno, cuja parceria desde os primeiros dias de trabalhos, vem se agigantando pela sua competência e disposição, rendendo trabalhos muito bons e a satisfação pela certeza de estarmos fazendo o que amamos de paixão, que é pesquisar, construir, estudar e melhorar o mundo com nossa contribuição intelectual através de nossas pesquisas.

CELESTINO, V. R. B. **Estudo do comportamento físico e mecânico de painéis aglomerados fabricados com partículas de *Tectona grandis* e *Corymbia citriodora***. 2020. 210f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Engenharia do Campus de Bauru, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2020.

RESUMO

A diretriz deste trabalho foi a confecção de painéis aglomerados em laboratório, utilizando partículas de madeira *Corymbia citriodora* e da madeira *Tectona grandis*, popularmente conhecida como teca, variando a granulometria dos cavacos e utilizando a resina poliuretana à base de óleo de mamona AG101, sob processo de prensagem a 110 ° C e 190 bar de pressão. A densidade alvo foi estabelecida em 750 kg/m³, definindo-o como painel de média densidade, onde foram fabricados 5 traços com adições diferentes de material, com o painel T1 com 100% de partículas de *Corymbia*, T2 com 75% *Corymbia* e 25% teca, T3 contendo 50% *Corymbia* e 50% teca, o painel T4 contendo 25% *Corymbia* e 75% teca e o quinto painel contém 100% de partículas de teca. Para avaliação das qualidades dos painéis construídos, foram realizados ensaios físicos e mecânicos destrutivos e não destrutivos estabelecidos pelas normas NBR 14810-2 (2013), NBR 14810-2 (2002) e ANSI A 208.1 (1993), ensaios não destrutivos de densitometria de raios-X e análise tridimensional dos painéis pelo ensaio de Microtomografia de raio X. A resina PU utilizada na proporção de 10% do peso total do material seco contribuiu com o aumento da resistência mecânica e resistência quanto absorção de água, inchamento e estabilidade nos teores de umidade e respondeu muito bem aos ensaios mecânicos com aplicação de carga, como atestado pela literatura voltada a adesivos indissolúveis. Todos os painéis contendo adição de *Tectona grandis* em sua composição obtiveram resultados dentro dos requisitos, enquanto o painel T1 e 100% *Corymbia* não apresentou valores que suprissem a maioria das exigências da NBR 14810-2 (2013). Os ensaios de densitometria mostraram uma excelente conformidade e homogeneidade quanto a densidade estrutural dos painéis, e a avaliação estrutural por microtomografia proporcionou uma análise mais precisa da estrutura tridimensional e o mapeamento de espaços em vazio e detalhes como falhas de preenchimento e falhas de adesão do adesivo no interior dos painéis de partículas aglomeradas.

PALAVRAS-CHAVE: Painéis de partículas, *Tectona grandis*, *Corymbia citriodora*, Resina Poliuretana, Microtomografia, Densitometria de raios X.

CELESTINO, V. R. B. **Study of the physical and mechanical behavior of agglomerated panels manufactured with particles of *Tectona grandis* and *Corymbia citriodora***. 2020. 210f. Thesis (PhD in Mechanical Engineering) - Bauru Campus School of Engineering, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2020.

ABSTRACT

The guideline of this work was the manufacture of particle board in the laboratory, using particles of *Corymbia citriodora* wood and *Tectona grandis*, popularly known as teak, varying the granulometry of chips and using the polyurethane resin based on castor oil AG101, under the process of pressing at 110 °C and pressure of 190 bar. The design density for medium density panels was established at 750 kg/m³, where 5 traces with different additions of material were manufactured, with the panel T1 with 100% *Corymbia* particles, T2 with 75% *Corymbia* and 25% teak, T3 containing 50% *Corymbia* and 50% teak, the panel T4 containing 25% *Corymbia* and 75% teak and the fifth panel contains 100% teak particles. For evaluation of the qualities of the panels built, were carried out physical and mechanical destructive and non-destructive tests established by standards NBR 14810-2 (2013), NBR 14810-2 (2002) and ANSI A 208.1 (1993), and non-destructive tests by X-ray densitometry and three-dimensional analysis of the panels by X-ray Microtomography test. The PU resin used in the proportion of 10% of the total weight of the dry material contributed with the increase of the mechanical resistance and resistance as for water absorption, swelling and stability in the moisture contents and responded very well to the mechanical load tests, as described in the literature. All the panels containing the addition of *Tectona grandis* in its composition obtained results within the normative requirements, while the T1 panel with 100% *Corymbia citriodora* did not present values that met the requirements of NBR 14810-2 (2013). The densitometry tests showed excellent compliance and homogeneity in the density and structural strength of the panels, and the evaluation by microtomography provided a more accurate analysis of the three-dimensional structure and the mapping of empty spaces and details such as filling failures and adhesion of the adhesive inside the panels.

Keywords: Particle panels, *Tectona grandis*, *Corymbia citriodora*, Polyurethane Resin, Microtomography, X-ray, Densitometry.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AA	Absorção e água
ABIPA	Associação Brasileira da Indústria de Painéis de Madeira
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRAF	Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas
ANBG	Australian National Botanic Garden
BRACELPA	Associação Brasileira de Celulose e Papel
Cc	Corymbia citriodora
CMI	Centro de Microscopia e Imagem - USP de Piracicaba
CPs	Corpos de prova
DAP	Diâmetro na altura do peito
ESALQ	Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz
FF	Fenol-Formaldeído
HDF	High Density Fiberboard
IE	Inchamento em espessura
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
LPM	Laboratório de Processamento de Madeira
MDF	Médium Density Fiberboard
MDP	Médium Density Particleboard
MF	Melamina-Formaldeído
MOE	Módulo de Elasticidade
MOR	Módulo de Ruptura
Tc	Tectona grandis F.t.
UE	Umidade de Equilíbrio
UF	Uréia-Formaldeído
UNESP	Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”
USDA	United States Department of agriculture
USP	Universidade de São Paulo

LISTA DE SÍMBOLOS

T	[°C]	Temperatura
Tu	[%]	Teor de Umidade
bar	[kgf/cm ²]	Unidade de Pressão
Centímetro	[cm]	Unidade de medida
D	[kg/cm ³]	Densidade
Gramas	[g]	Unidade de peso
Quilograma	[kg]	Unidade de peso
Força/área	[kgf/cm ²]	Quilograma força por centímetro quadrado
Força/área	[kgf/cm ³]	Quilograma força por centímetro cúbico
kN	[100 kgf]	Quilo Newton
Metro	[m]	Unidade de medida
Milímetro	[mm]	Unidade de medida
Milímetro Cúbico	[mm ³]	Unidade de medida
MPa	[MPa=N/cm ²]	Mega Pascal
N	[Kg*m/s ²]	Newton
Tp	[MPa]	Tração perpendicular
Ts	[MPa]	Tração superficial
Micro-CT	[μCT]	Microtomografo

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Áreas de Incidência da <i>Corymbia</i>	27
Figura 2. Definição dos gêneros e espécies a partir de 1995	29
Figura 3. Formação e detalhamento da <i>Corymbia citriodora</i>	30
Figura 4. Detalhes da madeira de <i>Corymbia citriodora</i>	33
Figura 5. Distribuição natural da Teca no continente Asiático	36
Figura 6. Produção e exportação de teca de 2005 a 2014.	37
Figura 7. Principais características da <i>Tectona grandis</i>	39
Figura 8. Tipos de Ligações adesivas	42
Figura 9. Classificação de painéis reconstituídos de madeira	48
Figura 10. Detalhamento de processamento dos elementos da madeira	49
Figura 11. Demonstração das zonas de densidade do painel	55
Figura 12. Construção tridimensional do scanner SkyScan1174.....	58
Figura 13. Imagens do funcionamento de um micro-CT SkyScan 1174.....	59
Figura 14. Colheita, coleta e processamento da Teca em São Carlos-SP.	61
Figura 15. Colheita, coleta e processamento da <i>Corymbia citriodora</i>	62
Figura 16. Triturador TM-30 LIPPEL, corrente e tensão de trabalho e cavacos.	63
Figura 17. Etapas de peneiramento e separação das partículas.....	64
Figura 18. Distribuição das partículas por granulometria após processo de peneiramento.....	64
Figura 19. Componentes da resina poliuretana AG101.	65
Figura 20. Pesagem e mistura dos componentes do painel	67
Figura 21 procedimentos de preparação e prensagem dos painéis	69

Figura 22. Detalhes da prensa e vista dos painéis aglomerados.....	70
Figura 23. Plano de corte e corte e marcação para os ensaios.....	71
Figura 24. Instrumentos para ensaio de análise de densidade.....	73
Figura 25. Equipamentos e medição de absorção de água e inchamento em espessura	75
Figura 26. Estufa de secagem e corpos de prova em tratamento	77
Figura 27. Máquina universal de testes EMIC e ferramentas utilizadas.	78
Figura 28. Ensaio resistência a flexão e módulo de elasticidade MOR e MOE.	80
Figura 29. Adesivo Compound e colagem dos corpos de prova.....	81
Figura 30. Resistência a tração perpendicular as faces	82
Figura 31. Ensaio de resistência a tração superficial.....	84
Figura 32. Corpos de prova e ensaios de arrancamento de parafuso topo e face.....	85
Figura 33. Ensaio de Dureza Janka.....	86
Figura 34. Vista em cortes das amostras e fixação no prato defletor	88
Figura 35. Fases de preparação e escaneamento por microtomografia de raios X.....	89
Figura 36. Detalhe do microdensitômetro QDP 01-X.....	91
Figura 37. Calibração do densitômetro, carro rolamentado e suporte de ensaios	92
Figura 39. Resultados para a Densidade Básica dos Painéis	96
Figura 40. Teores de umidade de cada painel.....	97
Figura 41. Resultados para avaliação da absorção de água	99
Figura 42. Dados de ensaios de Inchamento em Espessura.....	100
Figura 43. Resultados de Resistência a flexão estática (MOR).....	102
Figura 44. Resultados Módulo de elasticidade na tração estática (MOE)	104

Figura 45. Resultados para Resistência a Tração Perpendicular	106
Figura 46. Resultados para arrancamento de parafuso topo.....	108
Figura 47. Arrancamento De Parafuso Na Face Ou Superfície	109
Figura 48. Resultados para Tração superficial	111
Figura 49. Avaliação para resultados de dureza Janka	112
Figura 50. Camada inferior, central e superior painel T1-100% Corymbia ...	114
Figura 51. Amostra das projeções dos painéis T1	114
Figura 52. Detalhes construtivos da microtomografia em T1.....	115
Figura 53. Camada inferior, central e superior painel T2.	116
Figura 54. Amostra das projeções dos painéis T2.....	116
Figura 55. Detalhes construtivos da microtomografia em T2.....	117
Figura 56. Camada inferior, central e superior painel T3.	118
Figura 57. Amostra das projeções dos painéis T3.....	118
Figura 58. Detalhes construtivos da Microtomografia em T3.....	119
Figura 59. Camada inferior, central e superior painel T4.	119
Figura 60. Amostra das projeções dos painéis T4.....	120
Figura 61. Detalhes construtivos da microtomografia em T4.....	121
Figura 62. Camada inferior, central e superior painel T5.	121
Figura 63. Amostra das projeções dos painéis T5.....	122
Figura 64. Detalhes construtivos da microtomografia em T5.....	122
Figura 65. Resultados Médios dos ensaios de densitometria T1.....	127
Figura 66. Análise da Densidade por zonas de ensaio painel T1	127
Figura 67. Análise da Densidade por zonas de ensaio painel	128
Figura 68 . Resultados Médios dos ensaios de densitometria T2.....	128
Figura 69. Análise da Densidade por zonas de ensaio painel T3	129
Figura 70. Resultados Médios dos ensaios de densitometria T3.....	129

Figura 71. Análise da Densidade por zonas de ensaio painel T4	130
Figura 72 Resultados Médios dos ensaios de densitometria T4.....	130
Figura 73. Análise da Densidade por zonas de ensaio painel T5	131
Figura 74. Resultados Médios dos ensaios de densitometria T5.....	131
Figura 75. Gráfico de projeção de densidades ponto a ponto	132
Figura 76 Projeção sólida da densidade dos painéis aglomerados	133

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Classificação das espécies de teca	35
Tabela 2. Características físicas e mecânicas da Teca.	40
Tabela 3. Combinação dos traços dos painéis de T1 a T5.	66
Tabela 4. Resultados do Módulo de Ruptura na Flexão Estática	102
Tabela 5. Módulo de elasticidade na condição de flexão estática	103
Tabela 6. Resultados do Ensaio de Tração Perpendicular	105
Tabela 7. Resultados de Arrancamento Parafuso no Topo.	107
Tabela 8. Resultados do Ensaio de Arrancamento Parafuso Face	109
Tabela 9. Resultados do Ensaio de Tração Superficial em [MPa]	110
Tabela 10. Resultados do Ensaio de Dureza Janka em [MPa]	112
Tabela 12. Dados de densidade por Densitometria de raios X.....	125

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1. Densidade dos painéis.....	72
Equação 2. Volume dos painéis.....	72
Equação 3. Absorção de Água	74
Equação 4. Inchamento em Espessura	74
Equação 5. Teor de Umidade	76
Equação 6. Módulo de Ruptura (MOR).....	79
Equação 7. Módulo de Elasticidade (MOE)	79
Equação 8. Resistência a tração Perpendicular	82
Equação 9. Resistência a Tração Superficial	83
Equação 10. Parametros de densitometria.....	92

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	22
2. OBJETIVO	24
2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	24
2.2. JUSTIFICATIVAS DO PROJETO	25
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	26
3.1. A <i>CORYMBIA CITRIODORA</i> E SUA OCORRÊNCIA.....	26
3.1.1. Mudanças na classificação do gênero <i>Corymbia</i>	28
3.1.2. Reprodução do gênero <i>Corymbia</i>	31
3.1.3. Características botânicas e mecânicas da <i>Corymbia citriodora</i> ..	32
3.2. TECA E SUA OCORRÊNCIA.....	34
3.2.1. Características Botânicas, Físicas e Mecânicas da Teca	38
3.3. ADESIVOS E ADITIVOS APLICADOS EM PAINÉIS COMPOSITOS....	41
3.4. ADESIVOS A BASE DE RESINA DE MAMONA.....	43
3.5. APLICAÇÃO DE RESINA POLIURETANA EM PAINÉIS DE MADEIRA ..	44
3.6. PRODUÇÃO DE PAINÉIS AGLOMERADOS RECONSTITUÍDOS.....	46
3.7. ENSAIOS FÍSICOS E MECÂNICOS EM PAINÉIS DE MADEIRA	51
3.8. DENSITOMETRIA DE RAIOS X PARA ANÁLISE DE DENSIDADE.....	53
3.9. MICROTOMOGRAFIA DE RAIOS X EM MADEIRA E PAINÉIS.....	56
4. MATERIAIS E MÉTODOS	60
4.1. MATERIAIS UTILIZADOS	60
4.2. METODOLOGIA.....	61
4.3. EXTRAÇÃO E PROCESSAMENTO DA MADEIRA UTILIZADA	61
4.4. RESINA POLIURETANA BI-COMPONENTE AG 101.....	65

4.5. FABRICAÇÃO DOS PAINÉIS COM <i>TECTONA</i> E <i>CORYMBIA</i>	66
4.6. PLANO DE CORTE E PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS	71
4.7. ENSAIOS FÍSICOS	72
4.7.1. Determinação da Densidade por Método Gravimétrico.....	72
4.7.2. Determinação de Absorção de Água e Inchamento em Espessura	73
4.7.3. Determinação do Teor de Umidade	76
4.8. ENSAIOS MECÂNICOS	77
4.8.1. Ensaio resistência à flexão estática (MOR) e (MOE)	78
4.8.2. Resistência à Tração Perpendicular as Faces	80
4.8.3. Determinação à Resistência a Tração superficial	83
4.8.4. Determinação da Resistência ao Arrancamento de Parafuso de Topo e Face	84
4.8.5. Determinação da Resistência a Dureza Janka.....	86
4.9. MICROTOMOGRAFIA DE RAIOS X	87
4.10. ENSAIOS DE MICRODENSITOMETRIA	90
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	94
5.1. RESULTADOS DOS ENSAIOS FÍSICOS	95
5.1.1. Determinação de Densidade dos painéis.....	95
5.1.2. Avaliação do Teor de Umidade	97
5.1.3. Absorção de Água 24 horas	98
5.1.4. Inchamento em Espessura em 24 horas	99
5.2. RESULTADOS DE ENSAIOS MECÂNICOS	101
5.2.1. Resistência a flexão estática e módulo de ruptura (MOR)	101
5.2.2. Resistência a flexão estática e Módulo de elasticidade (MOE); ..	103
5.2.2. Resultados dos ensaios de Tração Perpendicular	105
5.2.3. Arrancamento de Parafusos no topo ou superfície	107
5.2.4. Arrancamento de Parafuso na Face.....	108
5.2.5. Resultados para Tração Superficial dos painéis	110
5.2.6. Dureza Janka	111

5.3. ANÁLISE DOS ENSAIOS DE MICROTOMOGRÁFIA	113
5.4. RESULTADOS PARA DENSITOMETRIA DE RAIOS X.....	125
6. CONCLUSÕES	134
7. SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS	136
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	137
APÊNDICE A - ENSAIOS FÍSICOS PARA ANÁLISE DE DENSIDADE	146
APÊNDICE B - ENSAIOS FÍSICOS PARA TEOR DE UMIDADE (TU).....	148
APÊNDICE C- ENSAIOS FÍSICOS PARA ABSORÇÃO DE ÁGUA.....	150
APÊNDICE D- ENSAIOS FÍSICOS INCHAMENTO EM ESPESSURA	152
APÊNDICE E- ENSAIOS MECÂNICOS MOR E MOE.....	153
APÊNDICE F - ENSAIOS MECÂNICOS TRAÇÃO PERPENDICULAR	161
APÊNDICE G - ENSAIOS ARRANCAMENTO DE PARAFUSO TOPO.....	168
APÊNDICE H - ENSAIOS ARRANCAMENTO DE PARAFUSO FACE	175
APÊNDICE I - ENSAIOS MECÂNICOS TRAÇÃO SUPERFICIAL.....	181
APÊNDICE J- ENSAIOS MECÂNICOS DUREZA JANKA.....	189
APÊNDICE L - DENSITOMETRIA DE RAIOS X.....	196

1. INTRODUÇÃO

A madeira é o material natural de uso cotidiano mais valioso e versátil do planeta e sua importância se confunde com a própria evolução humana nesses milhões de anos, seja pela construção de cidades e civilizações da antiguidade, na construção das pirâmides e templos históricos, na madeira dos portões e muros de proteção dos castelos medievais, ou na destruição destes pelo uso de catapultas e aríetes, na fabricação de navios e embarcações dos exploradores, além da importante contribuição para a geração de calor e energia fundamental para a sobrevivência de nações inteiras até os dias atuais.

Sendo uma das principais matérias primas mais importantes da indústria, a madeira apresenta características próprias quanto a anisotropia nos diferentes sentidos de crescimento, uma higroscopicidade própria quanto a capacidade de absorver ou perder umidade do ambiente e troca de água com o meio, explicada pela própria constituição da madeira composta principalmente por polímeros celulósicos, hemiceluloses, e lignina, além da variabilidade nas propriedades e diferenças estruturais contidas em suas estruturas celulares (BORGES e QUIRINO, 2004).

Segundo Iwakiri, (2005), produção de painéis constituídos de partículas tem sua origem ligada a diversos estudiosos da Alemanha no período e no pós-guerra, quando a escassez de material vegetal e petróleo, fizeram com que a indústria se adaptasse a fim de garantir suprimento de matéria prima para reconstrução das nações devastadas, além de produzir moveis, estruturas e casas com o menor custo possível.

A produção de painéis reconstruídos de madeira faz com que o Brasil continue a ocupar o 8º lugar no ranking mundial de produtores de painéis com uma produção de 8,2 milhões de metros cúbicos em 2018, em um aumento de 2,8% se comparado à 2017, onde o aumento mais considerável foi constatado na produção de MDF (Médium Density Fiberboard) e HDF (High Density Fiberboard) com 2,5%, MDP(Médium Density Particleboard) com aumento de 3,4% e a produção de HB (Chapas Duras) com aumento de 0,4 % no mercado nacional (IBÁ, 2019).

O uso de adesivos de base poliuretana vem alcançando um elevado destaque na fabricação de painéis por serem menos voláteis e não liberar substância tão tóxica quanto o formaldeído na atmosfera, e pela sua destacada resistência a umidade, além de suportar ambientes que exijam alta resistência a esforços mecânicos (DIAS et. al., 2006).

O crescimento de setores consumidores de painéis particulados e aglomerados, fez com que grandes indústrias se adaptassem e modernizassem para suprir a demanda de produção, acarretando na busca de maiores fontes de matéria prima a fim de suprir as necessidades de produção, implicando diretamente na busca por novas espécies de rápido crescimento, para geração de novas florestas que sejam capazes de suprir esse mercado crescente (MENDES, 2012)

Neste trabalho serão abordados o processo de fabricação na área de painéis de partículas aglomeradas, com a criação de um painel da madeira composto por *Tecona grandis t.f.*, sendo uma espécie de crescimento rápido e uma extensa geração de matéria prima através, permitindo diversas podas controladas durante seu crescimento, juntamente com partículas de *Corymbia citriodora*, madeira bastante versátil detentora de excelentes qualidades e ótimas propriedades mecânicas para uso na construção civil, fabricação de postes e dormentes ferroviários, mourões e balancins para cercas e currais e bastante conhecida nos meios acadêmicos e pela indústria brasileira de fabricação de moveis e painéis.

Outro acréscimo serão as análises laboratoriais menos convencionais, com o intuito de aprimorar a visão do que ocorre no âmbito estrutural de produtos à base de madeira processada, são processos de análise como as inspeções tridimensionais por densitometria de raios X para análise de perfis de densidade e ensaios de microtomografia de raios X são primordiais para a análise da estrutura microscópica e a reconstrução tridimensional de painéis de madeira reconstruída.

A densitometria é uma técnica muito útil na avaliação de diversas variáveis como prensagem, densidade e propriedades mecânicas dos painéis, onde a densidade aparente pode ser um diferencial na avaliação de ligações internas e densidade média dos painéis produzidos (BELINI et. al., 2009), (SURDI et. al., 2014), e a microtomografia permite melhor avaliação e a ligação entre propriedades microestruturais e físicas do material analisado (FERNANDES et. al., 2012).

2. OBJETIVO

Este projeto de pesquisa tem como objetivo *construção de painéis aglomerados* com as espécies exóticas *Corymbia citriodora* e *Tectona grandis* além de avaliar características como densidade, absorção de água, inchamento em espessura e comportamento mecânico dos painéis, utilizando três diferentes granulometrias de partículas e resina poliuretana à base de mamona não volátil para gerar um novo produto que apresente resistência e durabilidade. Neste cenário, onde a praticidade é exigida como norma e expõe um mercado muito promissor para experimentar novas espécies e misturas e ampliar essa demanda nesse mercado crescente e carente de novos materiais compósitos na geração de painéis e chapas de madeira reconstruída, cada vez mais requisitados na confecção de mobiliário, construção civil e arquitetura em geral,

2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Utilizar as partículas de *Tectona* e *Corymbia* na construção de painéis aglomerados variando porcentagens de adição e avaliar a resistência física de cada traço desenvolvido através dos ensaios de densidade, inchamento em espessura e absorção de água;
- Avaliar o comportamento físico e mecânico dos painéis gerados durante em comparação com os valores padronizados para painéis aglomerados via norma NBR 14810-2 (2013) e ensaios mecânicos de dureza janka via norma ANSI A 208.1 (1993) e comparar os resultados obtidos entre os cinco traços de painel desenvolvidos em laboratório;
- Efetuar as análises tridimensionais com auxílio das técnicas de Microtomografia computadorizada e microdensitometria de raios X, para a análise minuciosa da estrutura de cada painel e se ocorrem locais de fragilização, campos vazios ou aglutinação irregular e concentrações de resina ao longo das camadas dos painéis;

2.2. JUSTIFICATIVAS DO PROJETO

A *Corymbia citriodora* já tem seu espaço difundido pela comunidade científica desde a década de 60, sendo usada na produção de painéis de variadas estruturas como MDF, OSB, MDP, HDF, Painéis Aglomerados, laminados entre outros, mas pela sua densidade um pouco elevada, seu uso segue limitado pela indústria de painéis, que preferem outras espécies menos densas como eucaliptos e pinus, e a associação de suas partículas com outros tipos de madeira como a teca, para geração de um novo produto que possa atender a demanda comercial e industrial no mercado interno brasileiro e sua crescente demanda para exportação, principalmente para países da América do norte, Ásia, Oriente Médio e Europa.

A introdução de florestas da árvore exótica *Tectona grandis* f. t. em quase todas as regiões do Brasil, surge como uma ótima opção para o cultivo industrial e reflorestamento em todo território nacional, ampliando a demanda da produção de madeira in natura para consumo na indústria de painéis e construção civil, bem como a produção de móveis e acessórios, que faz com que a produção dessa espécie e as pesquisas em torno de suas características continuem a aumentar no Brasil e exterior, pela necessidade de produzir mais, respeitando a legislação cada vez mais severa na fiscalização da procedência de produtos florestais do mercado Brasileiro.

O uso da resina poliuretana a base de mamona, amplamente estudada por pesquisadores nas universidades brasileiras, é um diferencial interessante uma vez que a substituição das resinas a base de formóis e álcoois ajuda na diminuição dos riscos de contaminação por parte dos operários e fabricantes de painéis em geral.

Tendo em vista a dificuldade em se produzir painéis particulados em laboratório, com características próximas as dos painéis produzidos nas linhas de produção industrial de grandes empresas, que operam com altos investimentos em equipamentos e controle de produção, o painel aglomerado com partículas de *Tectona grandis* f.t. e *Corymbia citriodora* gerados no laboratório de processamento de madeira (LPM), da Unesp em Bauru, visa fornecer resultados que podem servir de referência ao setor industrial para a produção em série em ambiente industrial e comercialização do produto dentro dos padrões exigidos pelas normas vigentes.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A Fundamentação dessa revisão será baseada na descrição das duas espécies de madeira utilizadas, sua origem, sua importância e suas principais características físicas, destacando o uso de resinas e materiais aditivos com foco na utilização da resina poliuretana a base de mamona e seus derivados, como das suas aplicações na fabricação de painéis de partículas e fibras, tanto em laboratório , como na indústria de painéis em geral. Nessa revisão bibliográfica será destacada também os processos de análise por microdensitometria para análise da densidade e da microtomografia de raios X para análise estrutural da madeira e painéis de madeira em geral

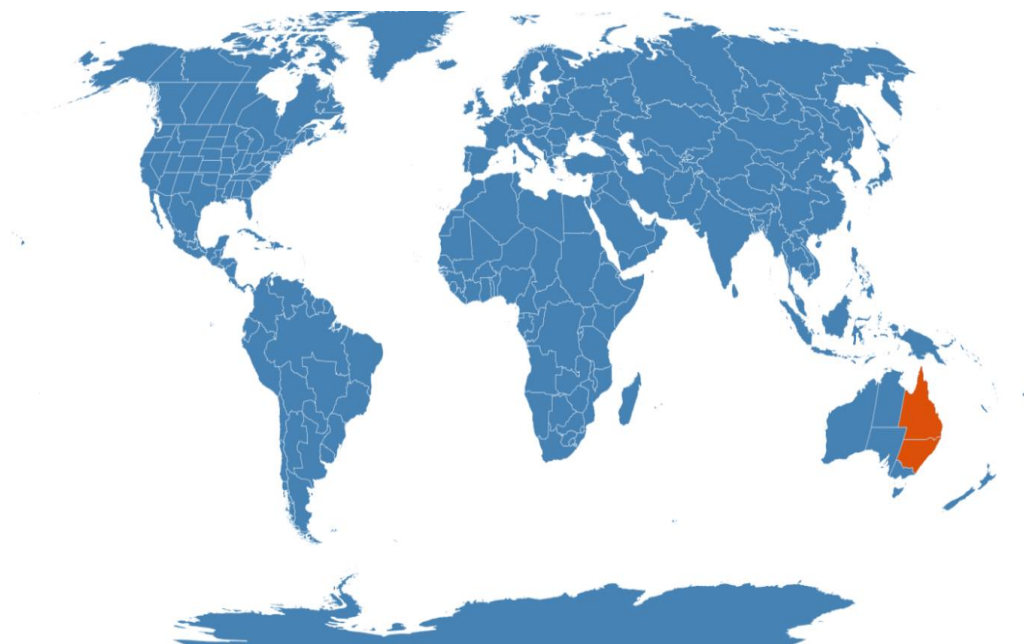
3.1. A *CORYMBIA CITRIODORA* E SUA OCORRÊNCIA.

A *Corymbia citriodora*, cujo nome composto deriva do *Corymbium* em Latim e citriodora - de origem grega e que significa aroma de limão uma árvore de origem da Oceania continental, nativa e originaria principalmente do leste da Austrália tropical e temperada e ilhas próximas, pode também ser encontradas ao norte de Coffs Harbour, Nova Gales do Sul, ao longo do litoral e leste de Queensland para Chinchilla, a Cordilheira Carnarvon, Great Dividing Range a leste de Tambo, leste de Townsville a Hughenden, e mais ao norte até Cooktown e Lakeland Downs na península do sul de Cape York, e o formato dessa árvore é facilmente identificado devido a características únicas, sendo lisa por toda sua superfície, em tonalidade branca, rosa ou acobreado e suas manchas de tronco podem ser visíveis ou não (ANBG, 2016).

As florestas contínuas de *Corymbia citriodora* da bio-região do cinturão de Bigalow, sub-trópico da Austrália, também conhecido como “florestas de madeira ocidental”, possui um papel importantíssimo para a conservação da biodiversidade local, por fornecer características contínuas de uma região extensa e limpa, mas que possui um histórico longo de manejo e extração de madeira, por se tratar de área muito usada para o pastoreio de gado para comercialização (EYRE et al., 2010).

A Figura 1, uma projeção do mapa mundial e a localização de florestas naturais na região leste do continente australiano como um dos principais locais de incidência da *Corymbia* em seu habitat original.

Figura 1. Áreas de Incidência da *Corymbia*



Fonte: <http://florawww.eeb.uconn.edu/200400077.html> (2020).

Pryor & Johnson (1971), Hill & Johnson (1995) definiriam a *Corymbia citriodora* como não sendo mais pertencente à família *Eucalyptus*, o que causou muitas controvérsias entre muitos pesquisadores, mas essa foi uma classificação que finalizou uma jornada que foi de 1971 a 1995 com a mudança de gênero consolidada. Com o trabalho de alguns pesquisadores, que percebendo a inúmeras diferenças físicas e taxonômicas das espécies *Eucalyptus* em relação a própria *Corymbia*, a comunidade científica optou finalmente por aceitar essa divisão e reclassificação em 1995.

Segundo Marchiori e Sobral (1997), por ser uma espécie originária da zona oeste australiana, seu melhor desenvolvimento ocorre em zonas de clima tropical e subtropical de temperaturas mais elevadas e com precipitações mínimas entre 600 e 1000 milímetros anuais, além de adaptar-se a terrenos com solo empobrecido e pedregulhoso, solos vermelhos profundos argilosos ou ricos em arenitos.

Pesquisas de Mabberley (2008), descrevem o gênero *Corymbia* como pertencente a subfamília *Leptospermoidea*, e que compreende cerca de 680 espécies de plantas, e a grande maioria destas são originárias do continente Australiano. sendo uma árvore exuberante e alta, podendo atingir até 40 metros de comprimento em habitat nativo, cresce em florestas abertas, cristas e planaltos de regiões costeiras da Austrália, podendo crescer de 20 a 30 metros sob cultivo controlado, tolerante a diversos tipos de solo, desenvolvendo-se preferencialmente em solo argiloso arenoso, ou cascalho bem drenado, casca lisa com folhas juvenis de Goma Lemon-scented de margens onduladas, fortemente perfumadas com tom de limão, daí o apelido “goma com aroma de limão” (A. N. B. G., 2016).

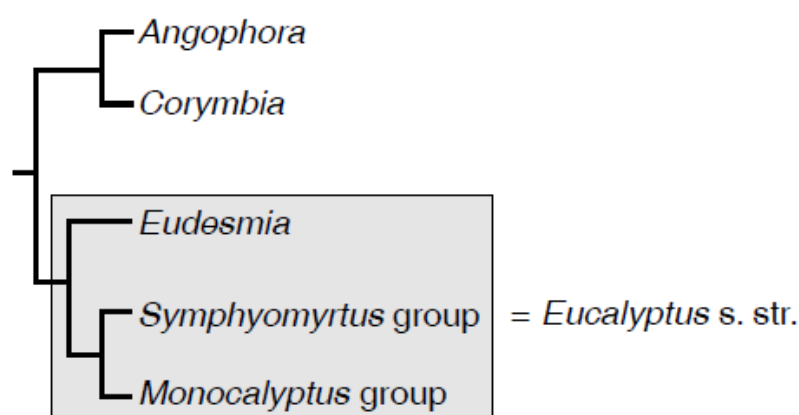
3.1.1. Mudanças na classificação do gênero *Corymbia*

Na concepção de Rozefelds (1996), o renascimento da compreensão e comprovação das diferenças encontradas pelos vastos estudos dos professores Pryor e Johnson, de 1971 a 1981, seguidos por Ladiges e Humphries, 1983 e o estudo de pesquisa molecular e morfológica via trabalhos de Ladiges et al., 1995 e Udovicic et. al., 1995, colocaram os gêneros de *Angophora* e *Corymbia*, divididas em diferentes linhagens de plantas ao que define todos os subgêneros relacionados ao *Eucaliptus* e *Eucalyptus sensu* (LADIGES et al. 1995; HILL e JOHNSON, 1995).

Com a divulgação do minucioso estudo dos botânicos Ken Hill e Lawrie Johnson, que foram os primeiros a definir o gênero *Corymbia*, realizando o reagrupamento dos gêneros *Angophora* e *Corymbia*, esta última contendo 113 espécies de que estão reclassificadas acordo com seus altos teores de carboidratos, extrativos vegetais e densidade básica elevadas com teor reduzido de lignina (Segura, 2015). Desta forma, o gênero *Corymbia* vem sendo reconhecida como espécie própria por suas diferenças taxonômicas, estruturais e reprodutivas, graças a estudos intensos desenvolvidos por inúmeros pesquisadores, causando a subdivisão das espécies culminou na reorganização das espécies, e passou a englobar *Corymbia maculata* (Hook) *Corymbia variegata* (F. Muells), *Corymbia henryi* (S.T. Blake) e *Corymbia citriodora* (Hook), todas vinculada aos pesquisadores K. D. Hill & L. A. S. Johnson (SEGURA, 2015).

Na Figura 2, é possível ver um diagrama simplificado dos estudos de Rozefelds (1996), com a definição dos dados filogenéticos as divisões entre *Angophora*, *Corymbia*, e espécies e subespécies de eucaliptos s.str. no grupo *Eudesmia*, grupo *Symphyomyrtus* grupo *Monocalyptus*, baseados em conclusões dos estudos de Ladiges et. al. 1995, seguindo as conclusões nos estudos de Pryor e Johnson (1971, 1981).

Figura 2. Definição dos gêneros e espécies a partir de 1995



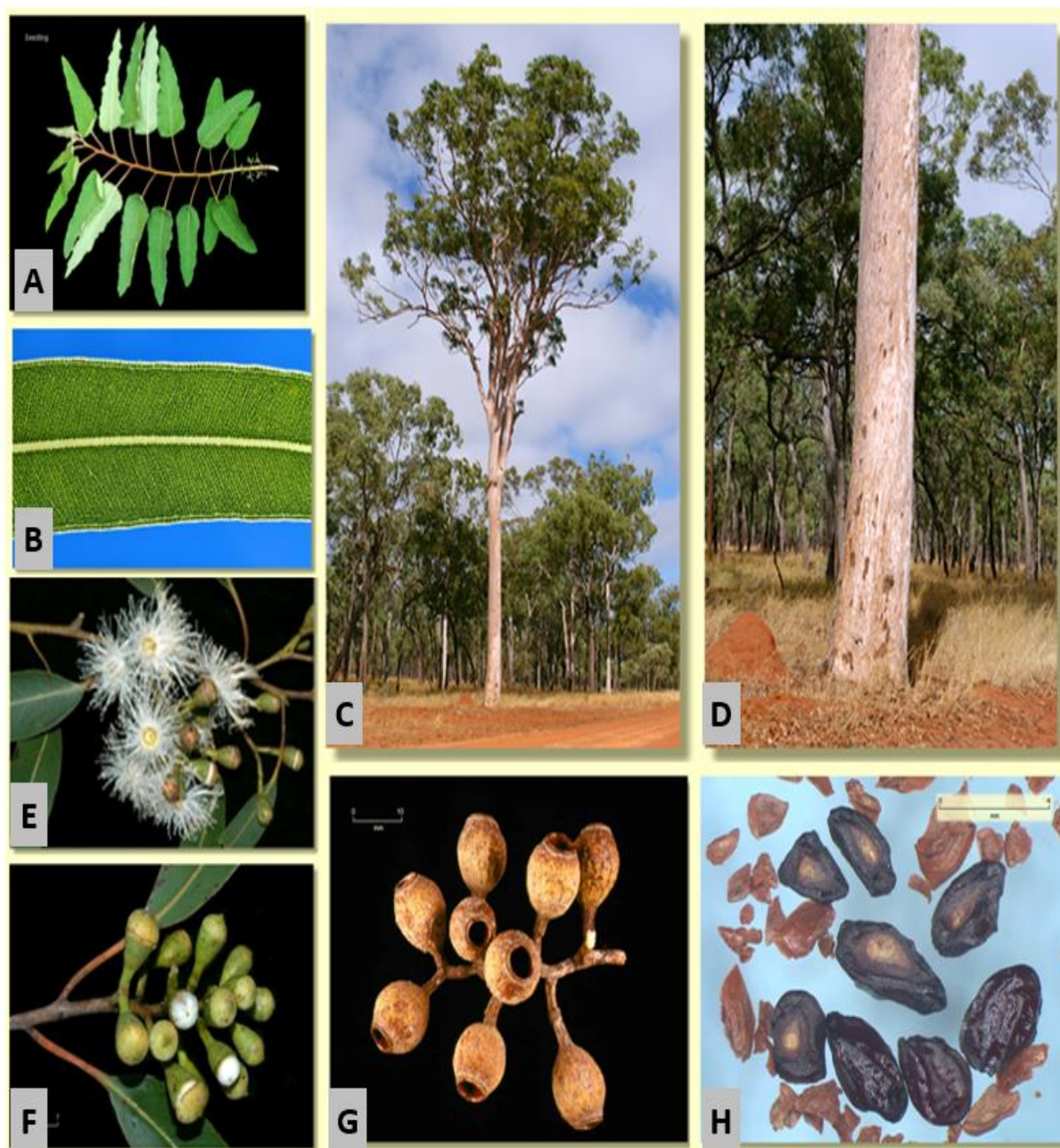
Fonte: (ROZEFELDS, 1996).

A formação das sépalas e pétalas, que nas espécies de *Eucalyptus* é fundida em uma ou duas tampas chamada opercular, que tem como função cobrir os estames e o ovário, sendo que, quando as flores estão maduras o opérculo é eliminado, por outro lado no gênero *Corymbia*, que possui madeira cor de sangue e também têm um opérculo tipo os Ghost Gums, e o desenvolvimento das flores se dá com um opérculo que evoluiu diferente da dos eucaliptos, e pôr fim a *Angophora*, que possui um pequeno gênero de árvores confinado em áreas do leste da Austrália possui pétalas e sépala livres (ROZEFELDS, 1996).

Para Moura e Franzener (2014) essa classificação ainda é um tanto confusa, pois o gênero *Corymbia* apresenta uma constituição anatômica bastante homogênea em relação as demais espécies, mas essas questões podem ser resolvidas com o avanço de estudos sobre anatomia foliar e trabalhos taxinômicos sobre a espécie.

Na Figura 3, é possível notar algumas características peculiares da *Corymbia* em seu ecossistema natural, como coloração, características físicas e formatos das folhas (A, B); coloração da casca, porte anatômico e formato do tronco (C, D); formato das flores e opérculos de sementes ainda verdes (E, F); e os opérculos secos e exposição das sementes após rompimento da capsula protetora (G, H).

Figura 3. Formação e detalhamento da *Corymbia citriodora*



Fonte: EUCLID (Eucaliptos da Austrália) (2018).

3.1.2. Reprodução do gênero *Corymbia*

A *Corymbia* pode sobreviver a temperaturas altas além de suportar climas gélidos em torno de 0°C, do seu tronco, galhos e folhas é possível extrair um óleo aromatizado com odor marcante e uma madeira consistente e bem resistente, sendo uma madeira bastante utilizada também para extração de essências, fabricação de ferramentas e postes, estruturas pesadas e trabalhos de marcenaria em geral (MARCHIORI & SOBRAL, 1997).

Para Dickinson (2012), o trabalho de conhecer melhor os riscos de introgressão genética na produção híbrida comercial de *Corymbia* ajudarão a criar práticas de manejo para produção amplamente sustentável e permitindo ainda a preservação da pureza genética das populações nativas da *Corymbia* no continente Australiano, sendo preciso entender as combinações genéticas e a seleção dos fenótipos adequados para cada cruzamento da espécie.

Como as espécies do gênero *Corymbia* são consideradas de difícil propagação, principalmente por apresentar problemas de recalcitração no enraizamento, e que essa germinação geralmente acaba ficando abaixo de 5%, isso acaba dificultando e muito o processo de plantio em escala, causando impedimentos para clonagem por via tradicional da espécie, fazendo com que as plantações comerciais de *Corymbia* sejam estabelecidas em sua maioria por via seminal (REIS et. al., 2013).

A seleção de espécies é o passo inicial no objetivo de reflorestar, que também leva em consideração a produção abundante de madeira, celulose e ligninas geradas pela madeira, adaptação as características e condições de solo e variações climáticas da região, itens extremamente necessários para investigar os diferentes genótipos capazes de suportar determinados tipos de clima e solo, além de gerar espécies capazes de se adaptar e se propagar melhor em diferentes ambientes (ALCÂNTRA et. al., 2015). Como a clonagem dessa espécie é um dos grandes gargalos para reprodução do material genético em grande escala, a ampliação dos estudos e testes para o aprimoramento de técnicas de propagação vegetativa tornam a produção e cultivo da *Corymbia citriodora* no Brasil importantíssimas e bastante promissoras (REIS et. al., 2013).

O aumento do plantio florestal de híbridos de *Corymbia*, se deve ao fato desta ser uma espécie que oferece madeira bastante durável e amplamente adaptável a ambientes marginais tendo como característica admirável a resistência a insetos e geadas, além da tolerância a certas doenças herbóreas, o que torna ainda mais urgente uma maior compreensão dos mecanismos controladores de reprodução para o aumento do sucesso reprodutivo para híbridos comerciais, além de avaliar e quantificar seus riscos em relação às mudanças na cultura de florestas nativas de *Corymbia* (DICKINSON, 2012).

3.1.3. Características botânicas e mecânicas da *Corymbia citriodora*

Conhecida por seu crescimento rápido e direto, a *Corymbia* é uma madeira forte e resistente, ideal para uso estrutural em vigas e pontes, contêineres e engradados, além de pisos e cabos de ferramentas manuais. Suas flores são matéria prima extremamente importante na produção de mel em algumas regiões, e seu óleo volátil é uma valiosa commodity, muito valorizado para produção de cosméticos, remédios e repelentes de insetos, além de ser uma planta bastante popular em projetos de reflorestamento de áreas degradadas, no uso agropastoril e ornamental (A. N. B. G., 2016).

Se comparados ao *Eucalyptus spp.*, a *Corymbia* apresenta valores bem superiores em sua espessura média, espessura maior das paredes e variação menos acentuada com relação a estrutura anatômica, além das maiores uniformidades entre medula e casca (MELO et. al., 2016), onde o crescimento do *Eucalipto grandis* e *Corymbia citriodora* em três diferentes solos de diferentes qualidades (Latossolo Vermelho, Areia Quartzosa e Latossolo Roxo), foi possível notar que o *Eucalipto grandis* cresce em altura e DAP e possui melhor fuste de forma nos três tipos de solo, se comparado com a *Corymbia*, que por sua vez apresenta maior taxa de sobrevivência se comparado ao eucalipto, e para ambas espécies testadas nesse estudo, as melhores taxas e crescimento em altura e diâmetro são observadas no cultivo em Latossolo Roxo (MORAIS et. al., 2010).

Segundo Ferreira (2003), existe hoje uma efetividade nos tratamentos de preservação aplicados, que fazem com que a madeira seja indicada para uma infinidade de aplicações, e que ao ser trabalhada ou maquinada, esta requer atenção nas técnicas de desdobro, sendo bastante requisitada para usos em serrarias, pelo acabamento final que gera após tratamentos como aplainamento, furação, lixamento. A *Corymbia* pode ser usada para diversa finalidades, uma vez que se respeite as condições de secagem adequadas para evitar trincas e colapsos por rachaduras, que amenizam muito em condições de controle em estufas em baixas temperaturas e umidade elevada, sabendo que o recomendado é iniciar o processo de secagem ao ar livre e em local protegido (FERREIRA, 2003).

Segundo Boland et. al. (2006), a madeira da *Corymbia* pode ser classificada como de boa trabalhabilidade, possuindo alburno branco e cerne marrom escuro, de grã direita ou reversa que pode ser ondulada, além de possuir cerne bastante duro e resistente, com textura levemente oleosa, cuja densidade pode variar de 0,95 a 1,01 g/cm³, onde cuidados especiais por ser uma espécie com madeira bastante rígida, e resistente a perda de umidade das partículas. Na Figura 4, os detalhes e imagens apresentadas pelo instituto de pesquisas tecnológicas de São Paulo, detalhes das características tangenciais (A) radiais (B) e fotomicrografia dos vasos tangenciais da *Corymbia citriodora* com ampliação em 10 vezes via microscópio ótico.

Figura 4. Detalhes da madeira de *Corymbia citriodora*



Fonte: IPT (2020).

No trabalho para produção de pisos de madeira em larga escala com uso de *Eucaliptus* e *Corymbia citriodora*, o processo de aplainamento em alta velocidade com variação da velocidade de avanço e duas rotações no sistema de porta ferramentas demonstram equilíbrio das duas espécies em relação aos índices medidos de rugosidade com a variação dos parâmetros durante a usinagem, mas esse teste demonstrou estatisticamente que as peças com densidade mais elevadas e menores ângulos de grã na madeira, permitiram as melhores condições de usinagem e menores índices de rugosidade R_a e R_z (ANDRADE et. al. 2015).

O que se pode constatar na madeira extraída de árvores mais maduras, é que estas ao serem serradas, possuirão maior estabilidade dimensional e fornecerão uma matéria prima de melhor qualidade à indústria, apresentando uma variação dimensional tangencial maior próximo a medula e diminuindo em direção a casca, mantendo o coeficiente anisotrópico que descreve bem esse equilíbrio e sua excelente estabilidade dimensional, se comparada às árvores com lenho juvenil da mesma espécie (LORENÇON et. al. ,2013).

3.2. TECA E SUA OCORRÊNCIA

A *Tectona grandis*, popularmente conhecida teca no Brasil, é uma árvore de grande porte, extremamente adaptável, capaz suportar temperaturas extremas em locais que vão de 2º a 42º C, ocorrendo em áreas que vão de 0 até 1300 m acima do nível do mar e com precipitação anual de 800 a 2500 mm, mas extremamente susceptível a ação de geadas. Com ocorrência principalmente na Índia, Burma, Tailândia, Laos, Camboja, Vietnã, Java, e Índias orientais além de serem encontradas no sudeste da Ásia e subcontinente indico é apreciado pelos britânicos desde o século XVIII, pela imensa demanda de madeira na Grã-Bretanha para alavancar a indústria naval. (ANGELI e STAPE, (2003), (WOOD HANDBOOK, (2010).

Na Tabela 1, é possível visualizar uma classificação referencial entre cada espécie de teca descoberta e os pesquisadores responsáveis pelo mapeamento descritivo desde que começou a ser catalogada em 1781.

Tabela 1. Classificação das espécies de teca

FAMILIA	NOME CIENTÍFICO	AUTOR	REFERÊNCIA	ANO PUBLIC.
Lamiaceae	Tectona	L. f.	Supl. Pl. 20, 151	1781 [1782]
Lamiaceae	Tectona grandis	L. f.	Supl. Pl. 151	1781 [1782]
Lamiaceae	Tectona grandis fo. abludens	Koord. & Valetton	Bijdr. Booms Java 7: 171	1900
Lamiaceae	Tectona grandis fo. canescens	Moldenke	Phytologia 31 (1): 28	1975
Lamiaceae	Tectona grandis fo. pilosula	Moldenke	Phytologia 31 (1): 28	1975
Lamiaceae	Tectona grandis fo. punctata	Moldenke	Phytologia 31 (1): 28	1975
Lamiaceae	Tectona grandis fo. tomentella	Moldenke	Phytologia 31 (1): 28	1975
Lamiaceae	Tectona hamiltoniana Wall	Nanda	Cave 1962	1962
Lamiaceae	Tectona philippinensis	Benth. E gancho.	Gen. Pl. 2: 1152	1879
Lamiaceae	Tectona ternifolia	Buch-Ham. ex parede.	Pl. Asiat. Rar 3: 68	1832
Lamiaceae	Tectona theka	Lour.	Fl. Cochinch 137	1790

Fonte: <http://www.tropicos.org> (2018).

Estudos dirigidos pelo IPT em 2003, colocavam como estimativa da produção anual de madeira de teca em torno 3 milhões de hectares, e como produtores principais o Brasil, Republicas de Togo, Camarões, Zaire, Nigéria, Trinidad Tobago, Honduras, entre outros países de clima tropical e estimativa de que seu peso cúbico tende a ser um dia, mais valioso que madeiras nobres como o mogno, por exemplo, (ANGELI & STAPE, 2003).

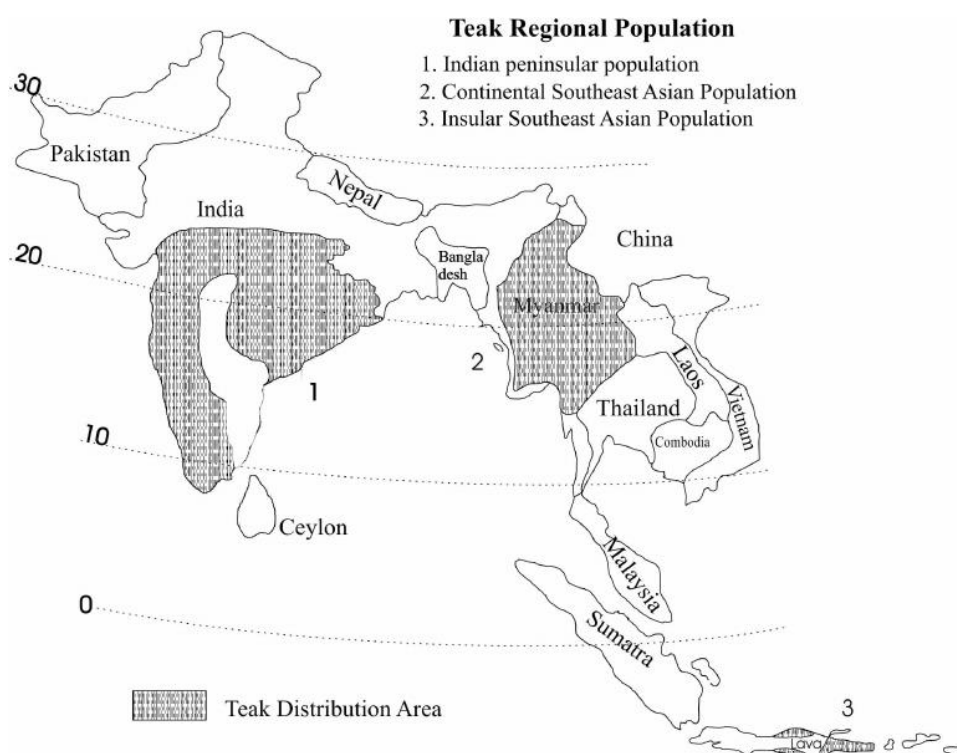
Na definição de Rocha et. al. (2015), a espécie exótica *Tectona grandis*, que já foi denominada *Verbenaceae*, pertencente de fato à família Lamiaceae, foi introduzida no Brasil com plantios comerciais que datam desde 1971, tendo como características principais o ciclo de cultivo mais curto e a capacidade de implementação bem sucedida tanto para cultivo em áreas de monocultura quanto sistemas silvopastoris integrados, mas apesar de ser uma espécie de madeira bastante requisitada para decoração, indústria naval, conta com conhecimento e técnicas de cultivos pouco difundidas no Brasil.

Segundo Hallett et. al. (2011), a madeira de teca é uma madeira de alto valor agregado, por ser detentora de qualidades únicas em sua estrutura, mas as florestas nativas têm diminuído consideravelmente, dando lugar às florestas controladas para ter madeira de alta qualidade para atender a demanda, mas essa prática oferece limitantes que precisam ser controlados para obter efeitos ambientais positivos que surgirão somente com manejo adequado e ações de gestão bem estabelecidas.

Sendo cultivada em centenas de países de clima tropical, as florestas naturais de teca estão disponíveis em alguns poucos países da Ásia como Índia, Mianmar, Laos, Tailândia, tem característica de crescer e evoluir bem em solos aluviais profundos e bem drenados de clima bastante unido e quente como nos climas tropicais a teca é cultivada em muitos países asiáticos, africanos e sul-americanos para a produção de madeira (PALANISAMY et. al., 2009).

Na Figura 5, detalhes da distribuição natural das florestas de teca no continente asiático com 3 grandes áreas de incidência das populações de teca, na península Indiana, sudoeste continental da Ásia e insular sudoeste da Ásia.

Figura 5. Distribuição natural da Teca no continente Asiático

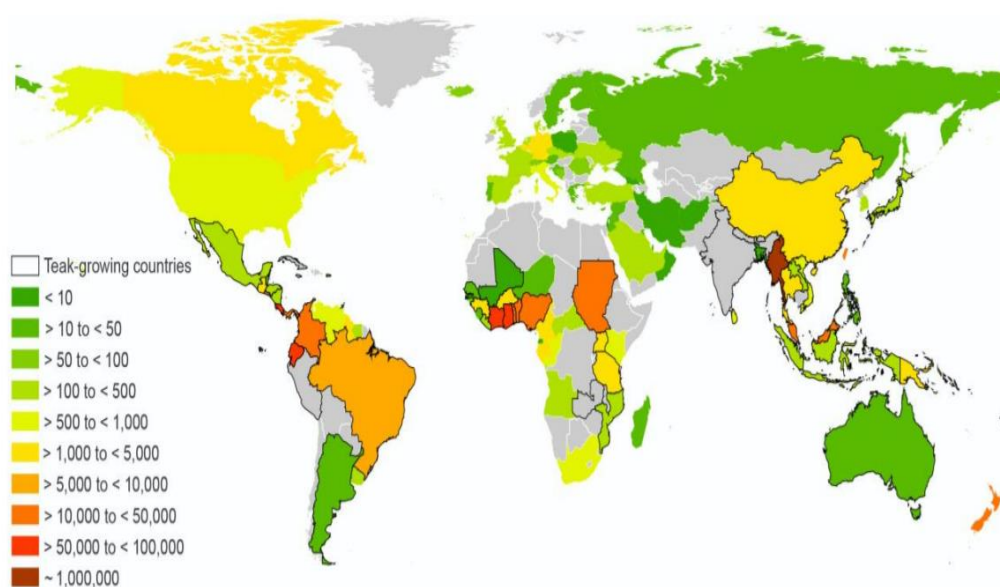


Fonte: ((Kaosa-ard, 1996, apud PALANISAMY et. al., 2009).

O comércio global da teca movimentou mais de Um milhão de m³ dessa madeira, contando com exportações na casa dos US \$ 487 milhões por ano, ou 3% do comércio mundial de madeira, em nada menos do que US \$ 15,5 bilhões de dólares, atraindo grandes investimentos dos setores privados nos continentes asiático, africano e América Latina entre outros (KOLLERT e WALOTEK, 2015).

A *Tectona grandis* L.t. é considerada por pesquisadores como Walter Kollert e Przemyslaw Jan Walotek, a madeira mais valiosa do planeta na atualidade, ao ponto de lançarem um estudo detalhado no ano de 2015, sobre o levantamento global da produção, importação e exportação dessa madeira, que tem se destacado por suas qualidades e desempenho em mais de 70 países produtores, ao passo de ter pelo menos 100 países consumidores de produtos industriais e de madeira “in natura” de teca ao redor do mundo entre os anos de 2005 e 2014 (KOLLERT e WALOTEK, 2015). Na Figura 6, a distribuição de florestas de árvores de *Tectona grandis* onde as cores indicam os volumes de exportação de toras para cada país.

Figura 6. Produção e exportação de teca de 2005 a 2014.



Fonte: FAO 2015, KOLLERT e WALOTEK, 2015.

A tendência do mercado global é que continue sendo regido pelo mercado asiático que consome mais de 90% dos recursos mundiais de madeira de teca, sendo que a Índia sozinha gere cerca de 38% das florestas plantadas de teca em todo o planeta, e com a crescente procura do mercado internacional, que vê a ampliação do consumo que vai além das florestas asiáticas, com o início do fornecimento de teca por florestas de crescimento rápido e pequenos diâmetros, proveniente da África e América Latina. (KOLLERT e CHERUBINI, 2012)

Segundo Camacho (2011) somente África do sul e América Latina, produzem produtos de teca acabados ou semiacabados antes da exportação, onde a maioria dos produtores mundiais tende a exportar a madeira em toras a fim de alimentar a demanda do mercado Indiano e suas fabricas locais que aplicam o processamento artesanal de fabricação a custos muito baixos, estando bem adaptados para trabalho com toras de madeira de menores diâmetros esse processo acaba por beneficiar produtores latino-americanos uma vez que tornam a exportação de madeira em toras para a Índia mais rentável do que processar e transformar essa madeira em produtos acabados ou semiacabados (CAMACHO 2011).

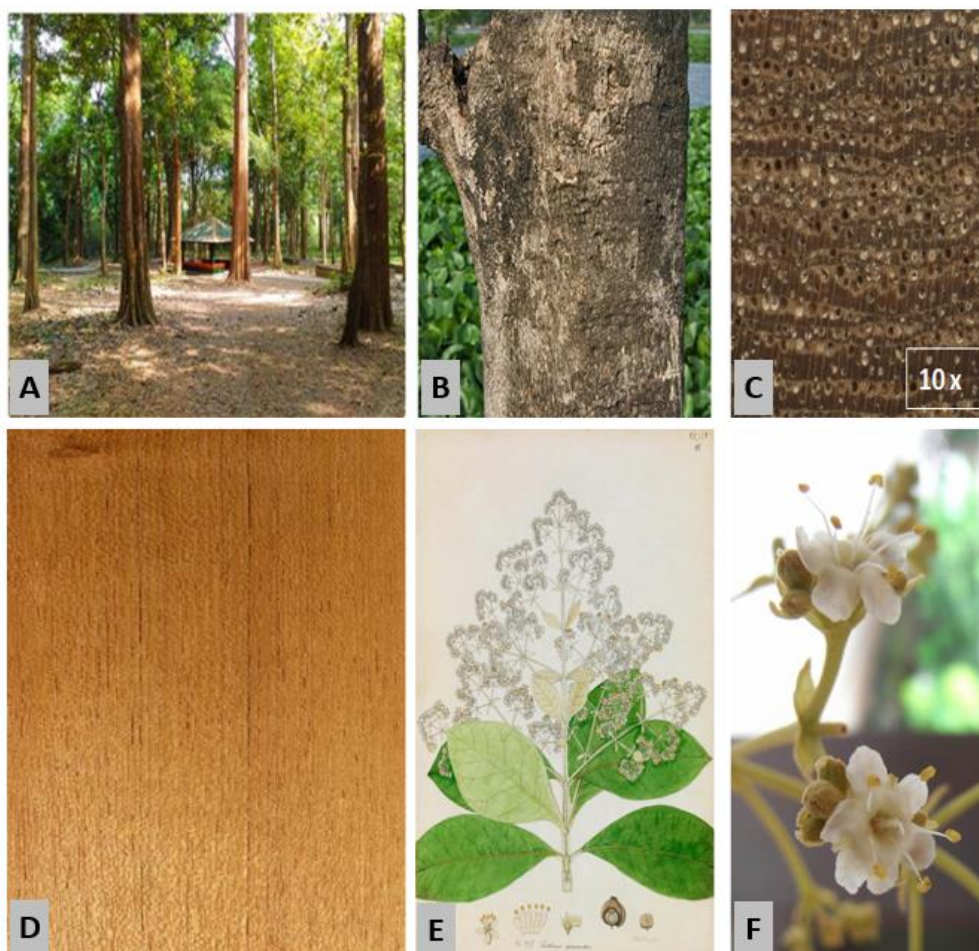
3.2.1. Características Botânicas, Físicas e Mecânicas da Teca

Sendo que os principais fatores para determinar locais ideais para o cultivo da teca estão ligados a 3 níveis ambientais principais, vinculados ao nível (I) clima incluindo temperatura e precipitação, nível (II) edáficos relacionados à geologia, topografia e solos, e o nível (III) que enfatiza níveis comunitários relacionados à unidade do solo, luminosidade. Nesse conceito, condições como propriedades físicas e químicas do solo como textura, drenagem, pH, Cátions livres são extremamente importantes, mas o cultivo experimental também é importante para gerar métodos confiáveis de cultivo da teca (TANAKA et. al.,1998).

As florestas de teca exigem parcelas maiores de fertilidade do solo em relação às florestas não perturbadas ou terrenos agropastoris com referência a análises de amostras, contendo teores maiores de K, Ca, Mg, carbono orgânico do solo, pH, acidez, densidade aparente quando comparadas com a fertilidade de outras culturas, mas a cultura de teca não se mostrou tão eficiente quanto à avaliação de restauração do solo como florestas não perturbadas (BOLEY et.al., 2009). Seu pH ideal varia de 6,5 e 7,5 e sua produtividade varia de acordo com o local e as condições ambientais, sendo de coloração vai da cor branca ao amarelo pálido enquanto seu cerne é castanho e moderadamente pesada com textura grosseira e pesada, possui densidade específica em torno de 0,55 a 0,70 kg/cm³, possui boa qualidade estética e é muito utilizada para construção de navios, embarcações e mobiliário (PALANISAMY et. al., 2009).

Na Figura 7, temos a teca em seu ambiente natural (A), o lenho (B), suas características microscópicas (C), a textura e coloração da madeira (D), uma ilustração de *Tectona grandis* do século XIX, encomendada por William Roxburgh em aquarela sobre papel, desenhada por um artista indiano desconhecido (E), e a imagem das flores de teca (F).

Figura 7. Principais características da *Tectona grandis*



Fonte: <http://www.woodassistant.com>.

Um dos principais estudos da espécie foi listado no “Tropical Timbers of The World”, desenvolvido pelo pesquisador norte americano Martin Chudnoff realizou um apanhado completo das informações sobre a madeira exótica teca em 1979, no Laboratório de serviços e produtos Florestais do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA, 2010).

As definições traçadas por Chudnoff (1979), e que são seguidas até hoje, a teca se destaca em algumas características que viabilizam sua produção e utilização industrial, já sendo amplamente plantada e comercializada ao redor do planeta, pelas características listadas em detalhes na Tabela 2.

Tabela 2. Características físicas e mecânicas da Teca.

Características gerais	Cerne amarelado, com manchas e estrias, alburno pálido, formação de grã reta e textura grossa com perfil desigual, exala cheiro quando serrado.
Peso específico	Sua gravidade específica básica ou seu peso específico básico por volume verde (peso ovendry) pode variar entorno de 0,55 gramas por centímetro cúbico, numa densidade do ar seco em temperatura ambiente.
Propriedades mecânicas	Os melhores resultados de Resistência à flexão, módulo de elasticidade e força máxima de esmagamento concentradas no material com as menores taxas de teor umidade em 11%.
Resistência da madeira	Cerne se torna extremamente resistente quando submetido a tratamentos preservativos de combate a fungos e insetos, e agregar valor por ser uma madeira de um alburno de baixa permeabilidade e boa trabalhabilidade.
Secagem e Encolhimento:	Requer secagem lenta, para que não haja a degradação, podendo atingir grandes variações nas taxas de secagem. Uso de forno ou estufa de secagem deve seguir norma T 10-D4S para 4/4 de lotação e norma T8-D3S para 8/4 de lotação. As taxas de encolhimento verde para ovendry: na direção radial em torno de 2,5%; na direção tangencial com 5,8%; e variação volumétrica chegando a 7,0%. Sua deformação em serviço é classificada como pequena, tendo elevada resistência à absorção de água.
Propriedades de trabalho:	Madeira macia e facilmente trabalhável com ferramentas manuais ou máquinas proporciona um acabamento muito suave se trabalhado com ferramentas afiadas; sua encolagem pode ser considerada de moderada a boa. Seu pó e seu pólen podem causar dermatite em alguns indivíduos sensíveis ou alérgicos e sua poeira pode causar irritações na pele por ter volumes variáveis quanto ao teor de sílica que pode chegar a valores de até 1,4%.
Durabilidade da madeira:	O seu cerne pode ser classificado como bastante durável em relação a fungos e cupins em geral, mas não é imune a brocas marinhas.
Usos recomendados:	Bastante leveza e facilidade de trabalhar em situações de improviso e poucas ferramentas além da baixa densidade torna a teca ideal construção naval, marcenaria, móveis, pisos, entalhes, armários, painéis, pias, tanques e cubas, ou equipamentos que exigem alta resistência a ácidos.

Fonte: USDA-Tropical Timbers of the World (2010).

Muitas dessas características fazem da teca uma das espécies com imenso potencial, tanto em valor econômico para suprir as necessidades da indústria de produtos florestais, quanto por ser uma boa alternativa para manejo sustentável de madeira de qualidade para itens que vão desde moveis de luxo até construção naval, além da possibilidade de comercialização de lenha e produtos para geração de bioenergia desde os primeiros desbastes da planta (PELISSARI et. al. 2014).

3.3. ADESIVOS E ADITIVOS APLICADOS EM PAINÉIS COMPOSITOS.

A principal função de um adesivo é unir partes de um conjunto, com objetivo de distribuir tensões de uma parte para outra para a distribuição dessas tensões de forma bem mais uniforme do que com fixadores mecânicos. As ligações adesivas podem ser mais fortes tanto para superfícies lisas quanto superfícies expostas em relação a alguns sistemas de fixação mecânica e agem também numa importante função da aparência resistência e rigidez dos aderentes (EBNESAJJAD, 2008).

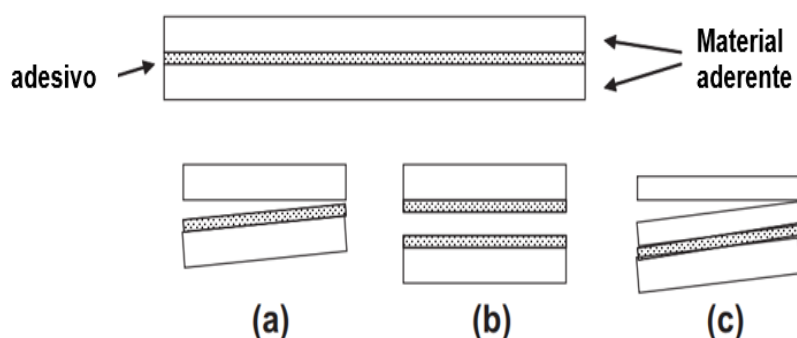
Os adesivos utilizados para fabricação de painéis de fibras ou partículas estão divididos em dois grupos básico, tendo de um lado os adesivos de origem natural e de origem animal como amido caseína, albumina, proteínas vegetais, mamona e tanino de algumas espécies de madeira e os adesivos de origem sintética que possuem como bases a ureia, o resorcinol, o fenol, melanina e polivinílicas que dentro desse imenso leque podem ou não ser resistentes a água e a umidade, e ações como a deterioração das juntas coladas de madeira, cavacos, fibras orientadas ou laminados colados, ação de variação da temperatura ambiente e ataque de microrganismos (OLMOS,1992; IWAKIRI, 2005),

De dois tipos principais adesivos aplicados na produção de painéis, nas classes de orgânicos e inorgânicos conforme sua composição química, onde os inorgânicos são à base de silicatos, e classificados como termofixos, que necessitam de catalisadores para reação química ou ativação térmica, entre eles o fenol-formaldeído, ureia-formaldeído, resorcinol-formaldeído, melanina-formaldeído e poliuretanos e adesivos termoplásticos de cura reversível como albumina, caseína e tanino (IWAKIRI 2005; FIORELLI, 2005).

A colagem de materiais utilizando adesivos prova ser um meio eficaz para a junção de diversos materiais, havendo uma vasta literatura disponível em vários pontos de vista, seja pela perspectiva da síntese, perspectiva química ou as várias técnicas de colagem, além é claro dos pontos de vista práticos a fim de descrever a adesão e sua relação com diversos materiais, como metais, plásticos madeira e outros, uma vez que o adesivo nada mais é que uma substância capaz de formar ligações quando aplicado a superfícies de qualquer material para uni-los de forma permanente por um processo de colagem (EBNESAJJAD, 2008).

Para Packham (2005), a adesão é tida como um fenômeno onde dois corpos estão unidos envolvendo em si a resistência mecânica do adesivo e a força que envolve os átomos das interfaces coladas. As forças interfaciais, definidas pela resistência mecânica do sistema, sendo determinadas pelas forças interfaciais, propriedades mecânicas da zona interfacial e pelas duas massas (EBNESAJJAD, 2008). Segundo Wu (1982), a adesão de dois componentes e um adesivo, refere-se ao estado em que dois corpos diferentes são unidos por um contato interfacial íntimo, de modo que a força mecânica ou o trabalho podem ser transferidos através dessa interface. Nas definições de Ebnesajjad (2008), existe uma diferença significativa da ocorrência algumas ligações adesivas, onde as três falhas mais comuns, que seguem detalhadas na Figura 8, com a apresentação dos detalhes de ligações adesivas e modos de falhas, como a falha adesiva (a); falha coesiva na camada adesiva(b) e falha coesiva no material aderente (c).

Figura 8. Tipos de Ligações adesivas



Fonte: adaptado de EBNESAJJAD, 2008.

Em ensaios realizados com diferentes adesivos comerciais, Bianche et. al. (2017), testaram vários painéis e adesivos, dentre estes o Fenol, silicato, PVA, melanina, resinas poliuretanas a base de mamona e o resorcinol, e a interação no resultados dos ensaios mostraram que a colagem da madeira influencia na resistência ao cisalhamento na linha de cola tanto nas condições úmidas avaliadas, quanto nas condições secas dos ensaios. Nos resultados obtidos, ficou constatado que os adesivos de fenol-formaldeído e melamina-formaldeído foram os que apresentaram maior percentual de falhas na madeira na condição úmida, e com resultados nos ensaios sendo considerados inconsistentes, e os adesivos a base de silicato de sódio e PVA foram descartados para utilização industrial e exposição em ambientes úmidos (BIANCHE et. al., 2017).

3.4. ADESIVOS A BASE DE RESINA DE MAMONA

Na descrição de Coutinho e Delpech (1999), o óleo de mamona é extraído da semente da planta *Ricinus communis*, contendo em sua constituição química de ácidos graxos hidroxilados em numa faixa de 84% a 91%, apresentando duas formas diferentes de adesivo, uma monocomponente, outra bicomponente, onde ambas realizam o processo de cura com a reação química aplicada ao substrato, através da evaporação do solvente pelo contato com a temperatura ambiente e a segunda por cura com a ação de um catalizador.

O óleo é gerado pelo processamento das sementes da mamoneira, planta de cultura economicamente relevante no Brasil, sendo um composto rico em ácido ricinoleico, cuja utilização se estende desde a fabricação cosméticos, polímeros, produção de óleos em geral, sendo muito estratégico para as indústrias de lubrificantes e demais indústrias (MORAES et. al., 2014). Essas características proporcionam ao óleo de mamona características especiais para a utilização em mais de 400 processos industriais como produzir revestimentos internos e poltronas de avião pela resistência a chama e liberação de gases tóxicos, resinas e anticongelantes para combustível de aviões, cosméticos, medicamentos e componentes para a indústria automobilística (ANJOS E SILVA et. al. 2005).

3.5. APLICAÇÃO DE RESINA POLIURETANA EM PAINÉIS DE MADEIRA

A pesquisa de polímeros versáteis como os poliuretanos, utilizados em uma gama de materiais de excelentes propriedades, são matéria base para produção de proteção das mais diversas estruturas, gerando espumas, elastômeros e fibras, além de produção de adesivos capazes de revestir aço, metais plásticos concreto, madeira entre outros, além da pesquisa em sistemas que interagem no revestimento de meios aquosos, evitando a toxicidade, por estas serem substâncias orgânicas não tóxicas (COUTINHO e DELPECH, 1999).

Pesquisadores do departamento de Química e física molecular de São Carlos, ligados ao grupo de química analítica e tecnologia de polímeros, desenvolveram na década de 80 uma resina poliuretana a base de mamona, com características excelentes como a possibilidade de manipulação em temperatura ambiente, grande resistência a ação da água e de raios ultravioleta e enorme resistência mecânica, além da vantagem de ser um material que pode ser produzido facilmente, por ser um adesivo oriundo de recurso natural renovável (JESUS, 2000).

Para Dias (2006), painéis compensados e aglomerados são produtos bastante difundidos em setores como construção civil e indústria moveleira, e a constante busca por inovações colocam a resina poliuretana a base de mamona como alternativa promissora na confecção desses painéis, uma vez que muitos dos resultados obtidos foram superiores quando comparados com os painéis fabricados com ureia-formaldeído.

Com relação a produção de materiais reconstruídos de madeira e painéis de madeira e a umidade de equilíbrio (UE), é possível dizer que existe diferença significativa entre a umidade na comparação entre o clima em vários estados da federação, e a constatação da variação de estabilidade dimensional pela umidade de equilíbrio ao longo do ano, são menores em produtos reconstruídos em relação aos valores coletados em madeira maciça, uma vez que a variação menor na anisotropia das partículas e uma tendência do conceito de umidade de equilíbrio de menor taxa de umidade contida nas laminas e partículas, condição influenciada pelas exigências para a aplicação de adesivos (SILVA, 2006).

Segundo Jesus e Kalil júnior (2000), a aplicação do adesivo bi componente Polioli B1640 e pré-polímero A249 a base de mamona em estruturas fabricadas com madeira laminada colada (MLC) se mostrou interessantíssimo como alternativa viável uma vez que é oriundo de recurso renovável e natural e de fácil manuseio, podendo ser curado a frio, não ser agressivo ao meio ambiente e aos seres humanos, com preço equivalente aos adesivos comerciais, podendo vir a ter a ter um custo bem mais acessível se produzido em escala industrial.

Em estudos de emissão de formaldeído em painéis de partículas aglomeradas (PB), partículas duras (HB) partículas de isolamento (IB) e médium Density fiberboard (MDF) produzidos no Japão e levando em conta os efeitos cancerígenos ou não do adesivo, degradação de recursos humanos e demais impactos a saúde via emissão de formaldeído, chegou se a conclusão que a melhoria em qualidade ambiental e processos de produção de painéis derivados de madeira estão vinculados ao maior rigor na redução de emissão de formaldeído dos painéis liberado na atmosfera (NAKANO et.al. 2018).

Ao analisar o uso de três tipos de resinas para a fabricação de painéis aglomerados utilizando madeiras de cedrinho, cordia, fícus e paineira, Negrão et. al. (2014), constataram dentre os inúmeros resultados com base nas análises estatísticas, a superioridade da resina PU-mamona quanto aos resultados das propriedades físicas dos painéis, exceto que os painéis fabricados com Ureia-formaldeído (UF) e Purbond tiveram resultados superiores quanto a módulo de elasticidade na flexão (MOE), e os painéis construídos somente com Ureia-formaldeído se destacaram melhor quanto a módulo de ruptura na flexão (MOR).

O uso de 15% de resina monocomponente e bi-componente na fabricação de painéis de partículas mostrou -se excessiva e com resultados para resistência a flexão estática adesão interna e densidade com até 100% superiores a valores da NBR14810-2 (2002) em alguns casos, mostrando ser um adesivo bem eficiente na confecção de chapas quanto aos valores apresentados para teor de umidade. Mesmo assim, é necessário o ajuste nas variáveis da confecção de chapas, buscando a diminuição da adição do percentual de resina com intuito de reduzir os custos, melhorar o processo de produção e reduzir também os teores de umidade contidos nos painéis fabricados (CRISTOFORO et. al., 2015)

3.6. PRODUÇÃO DE PAINÉIS AGLOMERADOS RECONSTITUÍDOS.

Para Vieira et. al. (2012), o consumo de madeira serrada vem diminuindo de forma gradativa, sendo substituída pela crescente no mercado de painéis de madeira, tanto pela escassez de toras de grandes diâmetros, pressão do ponto ambiental sobre a exploração, além do desenvolvimento tecnológico na produção de painéis de madeira mais baratos, com elevação dessa qualidade para substituição de produtos com base de madeira sólida.

A madeira é heterogênea e de estrutura anisotrópica composta por células diferentes que cumprem três funções básicas a planta, sendo o transporte de seiva em toda a planta, transformação e armazenamento de substâncias para suprimentos das próprias necessidades e reserva para sua sustentação vegetal, e os aspectos químicos, físicos e anatômicos da madeira como direção das partículas, presença de defeitos e nós, concentração de resinas densidade e teor de umidade podem interferir durante os processos de transformação da madeira (GONCALVES, 2000).

Dentro das peças de madeira ocorre ainda a variação de umidade, capaz de promover defeitos quando esse teor de umidade atingir pontos de saturação das fibras (PSF) inferiores a 28%, que tem como opção para alteração dos componentes hidrófilos dessa madeira a fim de controlar o modo de variação dimensional através de tratamento térmico, causando redução higroscópica com a degradação da seu constituinte mais hidrófilo que é a hemicelulose, além de outras modificações na estrutura da madeira reduzindo assim tanto a contração quanto o inchamento

(BORGES E QUIRINO, 2004)

Sendo excelente na utilização pela engenharia para fabricação de produtos de altíssima qualidade, a madeira pode gerar problemas quando se trata da fabricação de superfícies de geometria complexa, seja pelos fatores anisotrópicos, cinemática do processo de corte, densidade, umidade e mais uma série de fatores que acabam dificultando atingir um acabamento de superfície de qualidade (SANDAK et. al. 2004).

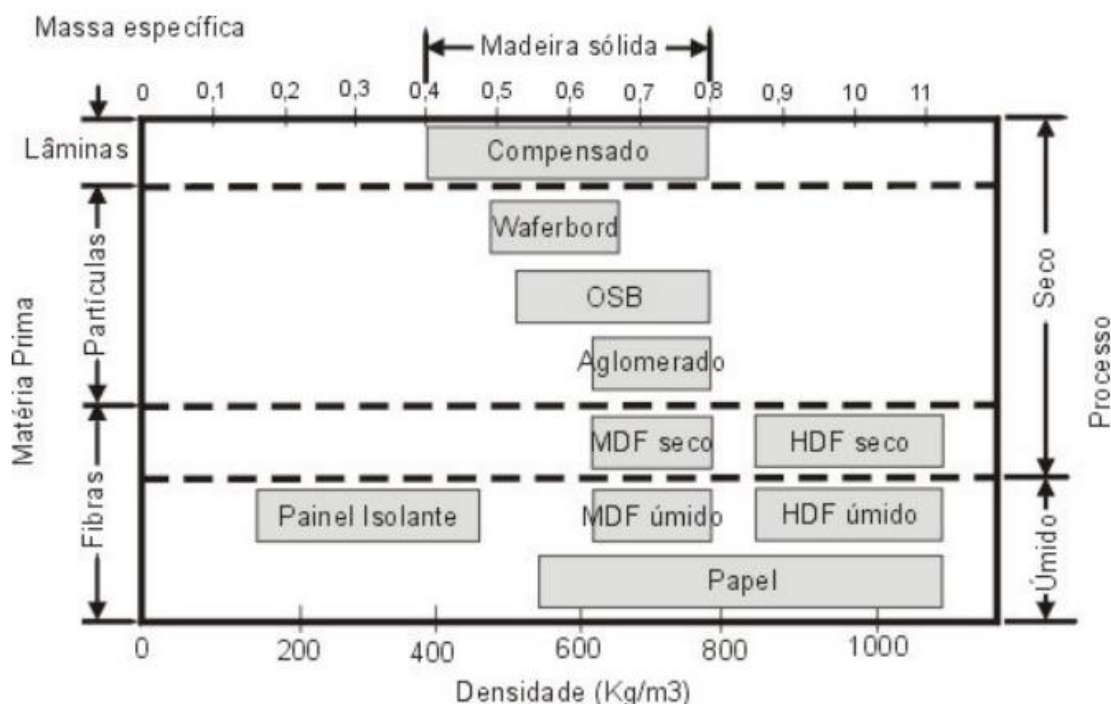
Para Foelkel et. al. (1971), a densidade da madeira é um importante fator de avaliação de suas características, pois com ela é possível avaliar algumas qualidades da madeira e da celulose contidas na planta. Mas há ainda que se considerar outros fatores também, pois árvores de diferentes espécies e com a mesma densidade podem gerar peças de madeira tecnologicamente e anatomicamente diferentes, cuja densidade real da madeira ou densidade da parede celular da madeira pode ser calculada excluindo-se os espaços vazios da madeira com imersão da madeira na água e podem atingir até $1,53 \text{ g/cm}^3$ em algumas espécies (FOELKEL et. al. 1990).

Na visão de Amaral (1994), essa densidade representa basicamente a quantidade de medida da massa do material lenhoso de uma determinada peça de madeira por uma unidade de volume, e está diretamente ligada a propriedades físicas e mecânicas como resistência mecânica e dureza, sendo essa densidade da madeira uma característica herdada por adição e correlacionada à espécie genitora, como módulo de crescimento, densidade, resistência a pragas, podendo haver, por exemplo, uma planta da mesma família que é resistente a pragas e outra do mesmo gênero e espécie diferente ser mais susceptível a elas (REIS et. al. 2013).

Para a produção de painéis aglomerados dois componentes básicos são essenciais, as partículas de madeira que podem ser utilizadas de diversos formatos sem maiores problemas e o adesivo que podem representar um ponto dificultante, por ser um componente de alto custo no processo produtivo e pode representar até 60% do valor final de produto (IWAKIRI, 2005). Em uma definição mais precisa, os painéis de madeira aglomerada são formações sólidas de madeira constituída de partículas de madeira em várias dimensões, impregnadas de resinas ou naturais como o tanino a resina de mamona ou resinas industrializadas ou sintéticas, prensados sob a ação de variáveis como calor e de pressão (MALONEY, 1993).

Na concepção de Suchsland e Woodson (1986), o painel de partículas é baseado em fragmentos pequenos em comparação as folhas de compensado e muitas vezes maiores que células de blocos de construção biológica da madeira maciça, com dimensões irregulares e montadas de forma aleatória, e por esta razão a categoria de painéis de partículas está posicionada ligeiramente a direita da gama natural da madeira maciça, representada na Figura 9.

Figura 9. Classificação de painéis reconstituídos de madeira



Fonte: Razena (2006), adaptado de Suchsland e Woodson (1986).

A madeira utilizada na produção das chapas pode ser de alta, baixa ou média densidade onde se leva em considerações variantes como teor de umidade das partículas, a vaporização de gases e aglomerante, a pressão aplicada, a resistência mecânica interna e externa e aplicabilidade dos painéis ou chapas, onde a granulometria das partículas pode vir a ser de grande influência na classificação das chapas homogêneas ou de camadas múltiplas (MALONEY, 1993) e TONISSI (1988).

À medida que as toras são processadas em elementos de grã das fibras mais longos ou curtos, com a redução de comprimento, espessura e largura poderá ocorrer maior formabilidade, diminuição ou acréscimo de resistência e peso, aumento ou diminuição das características como isotropia e homogeneidade, acréscimo ou decréscimo da qualidade da matéria prima final e aumento ou diminuição da lucratividade, como retratado por Marra (1992),

Na descrição contida na Figura 10, o detalhamento das divisões da estrutura da madeira em componentes de acordo com a diminuição da espessura ou comprimento sugerido por Marra (1992)

Figura 10. Detalhamento de processamento dos elementos da madeira



FONTE: MARRA (1992)

Os painéis particulados de madeira são produzidos de formas distintas, sobre partículas ou fibras secas e aplicação de adesivo para a formação dos colchões, que são submetidos à prensagem a quente para cura do adesivo, e após conformados passam pela normatização quanto a largura, comprimento e acabamento superficial das peças, conforme estes são classificados de acordo com a matéria prima, processo de produção e pela massa específica das fibras (YOUNGQUIST, 1999).

Para Araujo et. al., (2019) A interação entre as partículas de madeira pode ser um fator decisivo no desempenho final do painel de partículas, podendo-se afirmar que a geometria das partículas pode interferir diretamente nas condições finais do painel particulado de madeira. Partículas com comprimentos maiores podem gerar boas qualidades mecânicas do painel, enquanto as partículas comprimentos menores contribuem para uma melhor qualidade superficial, ter maior dureza e geração de melhores condições de ligação interna dos particulados (IRLE, 2010).

Tonissi (1988), define como sendo chapas homogêneas os painéis cujas partículas com granulometria variada estão apresentadas na mesma proporção, que resultam em uma única operação para a formação do colchão, enquanto que as chapas de camadas múltiplas são formadas por mais de três camadas, distribuídas em operações sucessivas e simétricas nas extremidades, tendo como base de relação uma camada central de partículas maiores e partículas menores nas camadas externas.

A variação dos teores de resina podem ser um diferencial para evitar expansão linear dos painéis, onde o aumento de densidade são fator predominante quando submetido a condições de temperatura umidade entre 40°C e 90% de umidade. Desta mesma experiência, foi constatado que o aumento dos teores de resina de 6 para 12% de volume de massa foi responsável pelo aumento da expansão linear e diminuição do inchaço dos painéis testados (SUZUKI & MYAMOTO, 1998).

Para Varanda et. al. (2010), a utilização de madeiras provenientes de florestas plantadas(reflorestadas), vem sendo cada vez mais requisitadas para substituir a importação de madeira originaria de outras regiões ou de florestas nativas, são empregadas em grande escala nos mais diversos segmentos de produção, como indústria moveleira, indústrias de painéis de madeira, indústrias de estruturas de madeira e na construção civil em geral, contanto que sejam respeitadas as e características químicas, físicas e anatômicas da madeira que será utilizada para estes fins, além de ter obrigação de respeitar as legislações ambientais. O processamento de madeira para fabricação, a indústria tem evoluído continuamente em busca de novos processos e novas tecnologias para melhorar de forma constante a produção, visando obter melhor qualidade do produto final com aumento da lucratividade dentro destes segmentos, seja produzindo mais, seja com a economia da matéria-prima utilizada no processo (SALONI et. al. (2010).

O trabalho de Nascimento et. al. (2013), indicaram as variadas definições de classificação dos painéis aglomerados, que podem possuir uma ou mais camadas homogêneas, dependendo é claro do melhor acabamento superficial que se deseja obter, além da maior resistência entre as ligações das camadas internas para conferir a esses painéis maiores graus de compactação.

Anterior a essa visão, Haselein et. al. (1989), descreviam através de seus experimentos que a mistura heterogênea das partículas de diferentes tipos de madeira, ou seja, na proporção de 50% de cada espécie, pode atuar na possibilidade de formar painéis com propriedades físico-mecânicas bem melhores do que o painel produzido com uma única espécie, sendo que ainda, essa mistura também pode ser em diversas proporções e seus resultados podem ser bastante variados e promissores.

A geometria das partículas utilizadas na confecção do painel e a interação entre partículas de madeira é decisivo e tem grande influência no desempenho do painel particulado, onde a maior quantidade de partículas menores na composição interna proporciona menores espaçamentos em vazio, gerando melhora na propriedades mecânicas, sendo que na maior incidência de partículas maiores nas camadas intermediárias interferem de forma negativa no desempenho do painel (ARAUJO et. al., 2019).

3.7. ENSAIOS FÍSICOS E MECÂNICOS EM PAINÉIS DE MADEIRA

De modo geral, as espécies de baixa densidade específica são muito bem aceitas pelo mercado de fabricação de painéis aglomerados, também por possuírem características distintas como rápido crescimento e ciclo de maturidade, o que atende as necessidades, como da grande demanda de matéria prima para suprir as plantas fabris das regiões sul e sudeste, como tem sido empregado o gênero *Pinus* nas linhas de produção (IWAKIRI, 2005).

Na análise das propriedades físicas de chapas particuladas de madeira de *Mimosa tenuiflora*, popularmente Jurema preta via recomendações da ASTM 1037/1996, comparadas com traços de painéis comerciais, com os ensaios de determinação dos módulos de resistência e elasticidade no ensaio de flexão estática, resistência na tração paralela às faces, resistência ao arrancamento de parafusos, inchamento, absorção de água e massa específica, os resultados obtidos no teste da madeira Jurema preta apresenta condições satisfatórias para ser usados na fabricação de painéis particulados de madeira (NASCIMENTO E LAHR, 2007).

A aplicação de calor na prensagem e variação dos ciclos de calor no aquecimento, aliado a distribuição irregular das camadas de fibras acarreta em áreas de fragilidades e desequilíbrio dimensional quando expostos a umidade, onde a imersão libera tensão residual, gerando falhas e quebras de ligação, causando assim elevação na penetração de água e agravamento da integridade interna dos painéis com desprendimento das camadas de fibras (WONG et. al., 2000).

Diferenças entre um processo de prensagem e outros fatores como ação de pressão, calor e umidade pode interferir na diferença de formação densidade ao longo da espessura de painel de fibras de lauan (*Shorea spp.*) com perfil de densidade plano, homogêneo (homo profile) e típico em U (convencional) em resina aglutinante de isocianato com prensagem a quente em duas fases e conformação a frio resultaram em uma variação maior na densidade de pico (PD) e na densidade do núcleo (CD) em painéis de média densidade (WONG et. al., 2000).

De acordo com Haselein et. al. (1989), a mistura heterogênea das partículas de diferentes tipos de madeira, na proporção de 50% de cada espécie da possibilidade desses painéis mistos, que apresentarem propriedades físico-mecânicas superiores aos painéis produzidos com uma única espécie, sendo que a variação dessas misturas pode vir a gerar resultados bastante variados, sem contar promissores no ponto de vista da pesquisa.

De modo geral, painéis produzidos com 50% de diferentes tipos de madeira, como pinus e uva-do-Japão, como no trabalho de Napoli et. al. (2013), definem os melhores índices de estabilidade dimensional quando os painéis comparados possuem 50 % de cada componente, como o painel concebido com 50% Pinus e 50% Bracatinga, tendo ainda a análise de que os painéis industriais de três camadas de pinus produzidas na linha de produção estão sujeitos a inchamento em espessura menores em relação a painéis homogêneos e outros painéis produzidos em laboratório.

Sanches et. al. (2016) cita trecho da norma de comercialização da ANSI A 208.1 (1993) na qual os valores mínimos para painéis de media densidade (0,64 a 0,80 g/cm³) os valores aceitáveis para MOR são de 5 a 11 MPa, enquanto que para MOE são aceitos valores de 1025 a 1725 MPa, enquanto que nos trabalhos conduzidos por Sanches, Hillig, Iwakiri e Napoli, os valores médios observados para MOE estiveram entre 923,61 MPa no painel contendo 50% das partículas de eucalipto e 50% Bracatinga, e atingindo 1616,54 MPa nos painéis contendo 100% das partículas de pinus.

3.8. DENSITOMETRIA DE RAIOS X PARA ANÁLISE DE DENSIDADE

De acordo com Quirino et. al. (2012), a densitometria de raios X tem sido usada para diversos fins, e a aplicação da técnica para avaliação de estruturas de madeira e peças de materiais compósitos, tanto para caracterização de anéis de crescimento em madeira bruta, como também avaliação de painéis de MDF e caracterização anatômica de diversas espécies de madeira.

Os estudos utilizando a aplicação de análise de densidade da madeira, utilizando a técnica de densitometria nos laboratórios da ESALQ de Piracicaba tomaram impulso após os estudos de Amaral (1994) e Tomazello Filho (1998), gerando ao menos 45 publicações sobre qualidades do lenho, biodegradação, diferenciação de anéis de crescimento, efeitos das práticas silviculturais e fixação de carbono entre outros.

Segundo Tomazello Filho et. al. (2008), apesar desse processo de Densitometria de raios X para avaliação de madeira remeter as décadas de 1960 com Polge, na França e aos anos de 1970 e 1971 com Parker do Canadá, com estudos relacionados a avaliação quantitativa do lenho e correlação de efeitos da ação do clima com a densidade dos anéis de crescimento da madeira respectivamente, os estudos sobre avaliações por raios X em espécies de madeiras tropicais ainda seguem bem restritas.

Nos ensaios com briquetes de madeira compactada do trabalho de Quirino et. al. (2012), constatou-se através da análise por raios X, que parâmetros ideais de compactação da madeira, granulometria da biomassa e temperatura de compactação darão maior qualidade aos briquetes, pois influi na resistência a compressão diametral das peças.

Na determinação da densidade aparente pelos métodos de gravimetria e densitometria por raios X, em painéis OSB produzidos a base de *Pinus taeda*, *elliottii* var *elliottii* e *caribaea* var *hondurensis*, os resultados obtidos demonstraram maiores de valores obtidos no ensaio gravimétrico, ante os obtidos pelo ensaio densitométrico (SURDI et.al., 2014).

Nesse caso, os resultados para densidade mínima pelo método densitométrico não sofreram influência dos ciclos de prensagem ou da espécie de madeira avaliada, mantendo valores maiores nas faces e menores no núcleo do painel e a densidade aparente, diretamente associada ao formato dos perfis, sua ligação interna dos painéis e suas propriedades mecânicas e essa similaridade dos colchões de fibras e sua relação com as condições de prensagem correlacionaram os perfis de densidade média a densidade mínima tanto painéis produzidos na indústria quanto fabricados em laboratório via análise de PERSON (SURDI et.al., 2014).

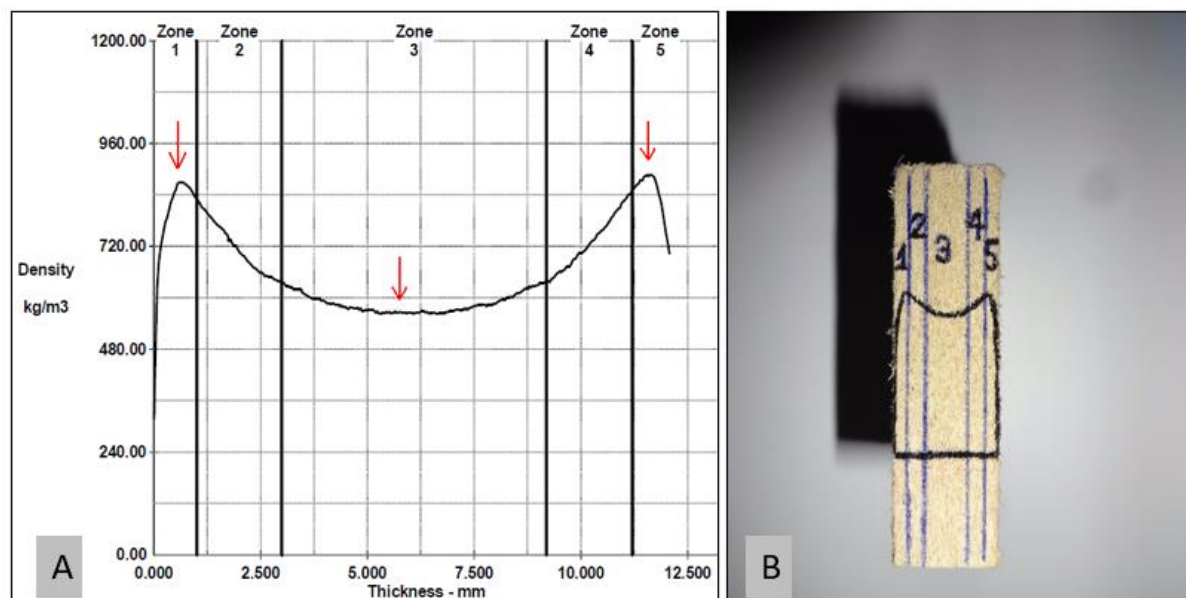
A Densitometria de raios X pode proporcionar uma análise acurada com relação a aspectos de variação de densidade aparente, demarcação das zonas fibrosas e sua estrutura anatômica, como ao exemplo da análise de *Eucalyptus grandis*, que de acordo com os resultados de densidade aparente próximo à casca, permite que se aplique seu lenho para a fabricação de produtos com maior valor agregado (OLIVEIRA, et. al., 2012).

O uso microdensitometria por raios X na análise para comparação de perfis de densidade mostrou-se um meio bastante eficiente para determinação das variações nos perfis de densidade aparente dos painéis de madeira aglomerada a base de *Acácia mangium*, com encolagem por ureia-formaldeído e tanino comercial onde a técnica de micro-deteccão foi eficiente na obtenção direta de densidade, com fortes correlações entre as medias obtido no microdensitômetro e o método gravimétrico tradicional (GONÇALVES et. al., 2018).

Para Bueno (2019) fabricantes de painéis como MDF utilizam a análise dos perfis de densidade por raios X para atestar características tecnológicas no momento da produção., dessa forma, os ensaios de raios X ponto a ponto ao longo da espessura gera zonas de densidade apontada nos gráficos, que divididos em zonas mostram áreas com maiores ou menores densidades sobre a espessura dos painéis.

A descrição dessas zonas de densidade projetadas por alguns densitometro QMS pode ser vista na representação de Bueno (2019), listando nas Figuras 11 A e 11 B com a representação gráfica e física de 5 zonas de análise.

Figura 11. Demonstração das zonas de densidade do painel



Fonte: Bueno (2019).

Siqueira (2004) descreve que enquanto o equipamento de raios X efetua os disparos por passos de comprimento (μm), a resposta a esses disparos é a geração de gráficos com divisão em zonas de separação que permitem a avaliação de perfis em formato semelhantes a uma letra maiúscula “M” ao longo da espessura do corpo de provas, considerado como um painel ideal, uma vez que esse formato gerado também pode ser considerado como um indicativo de que houve ou não uma boa conformação do painel durante seu processo de produção ou prensagem.

Segundo Bueno (2019), que testou o processo de análise por raio X nos painéis construídos com Fibras de coco e eucaliptus, observando os gráficos gerados pelo microdensitometro se constatou que a densidade captada é mais elevada próximo as faces do painel, e vai diminuindo em direção ao centro, e à medida que se adicionava fibras de coco, os picos máximos diminuíram enquanto que as regiões de mínima densidade foram se elevando, levando a um equilíbrio maior dos painéis com relação a densidade média, sendo totalmente diferentes dos gráficos de densidade gerados por painéis comerciais que são fabricados por métodos de prensagem com maior controle.

3.9. MICROTOMOGRAFIA DE RAIOS X EM MADEIRA E PAINÉIS

Para Mayo et.al.,(2010) e Belini et. al., (2011), a Microtomografia pode ser considerado um ensaio do mais alto nível de confiabilidade e sofisticação dentre os ensaios não destrutivos, por atuar com a atenuação de feixes de raios X em diversos ângulo, comprimentos e alturas permite a captação de milhares ou até centena de milhares de imagens capturadas por uma super câmera que concentra e assegura o processamento destas imagens para a construção de objetos em 2D e 3D capazes de revelar a estrutura interna dos objetos, sendo excelente no caso de ensaios em madeira e painéis de madeira possibilitando detectar defeitos e imperfeições no material.

Há indícios de que a análise de peças de madeira por técnicas de raios X tenha iniciado em meados de 1920 (BELINI, et. al., 2011), sabendo que a maior dificuldade nesses procedimentos que envolvem análises radiográficas está em conseguir obter imagens realmente definidas das zonas de diferentes massas específicas analisadas (FERRAZ; TOMAZELLO FILHO, 1978).

Criadas para aperfeiçoar as analisar muitas áreas do corpo, antes inacessíveis a técnicas de radiologia, foi desenvolvido um equipamento com um tubo radiográfico que gira em sentido axial em torno do paciente, enquanto detectores no lado oposto do corpo detectamos raios X emitido pelo corpo do paciente e recebeu nome de tomografia computadorizada (FRIEDLAND e THURBER, 1996), e esse feito histórico para os avanços da medicina rendeu a Allan M. Cormack e Godfrey N. Hounsfield o prêmio Nobel de medicina em 1979, por construírem o primeiro Scanner CT a ser utilizado (NASCIMENTO-DIAS, 2017).

A utilidade do micro-CT de raios X muito além de seu uso no campo da medicina, ocupando áreas como ciência dos materiais, botânica, zoologia, geologia, solos, eletrônica, mecânica, odontologia e farmácia, mesmo que timidamente devido ao alto custo desse tipo de equipamento (LASSO et. al., 2008). Isso também porque a tomografia computadorizada de raios X permite visualizar e medir os parâmetros morfológicos no interior dos materiais, podendo caracterizar, e medir as propriedades físicas e materiais da amostra, sem destruí-la (LASSO et. al., 2008).

Belini et. al. (2011), consideraram a Microtomografia de raios X uma das técnicas de análise não destrutiva mais avançada no que tange a avaliação da estrutura anatômica da madeira e subprodutos através da reconstrução e disposição de elementos anatômicos da madeira em 3D com a obtenção de imagens macro e microscópicas, permitindo assim sua caracterização e avaliação quantitativa, o que expressa grande vantagem ao se manter a integridade das amostras de madeira, painéis, carvão, papel entre outros se comparada à confecção por meios tradicionais, baseada em uso de laminas histológicas.

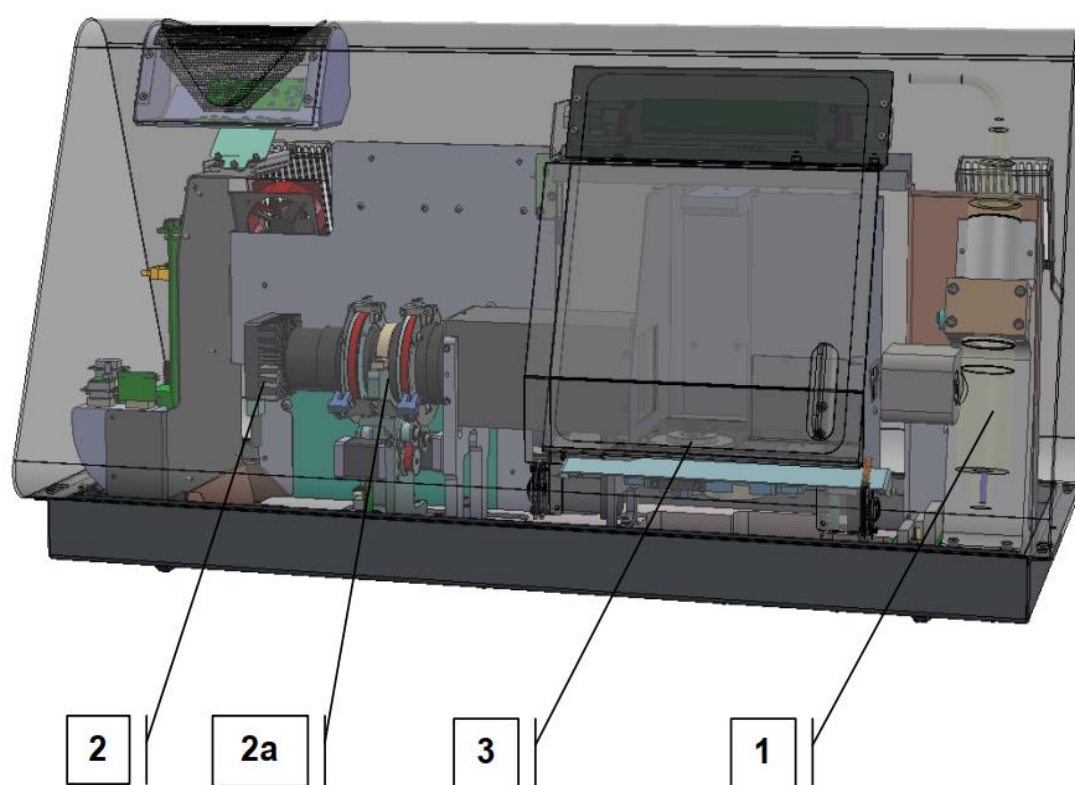
Basicamente, a Microtomografia computadorizada (μ CT) permite avaliar o material de estudo por cortes internos através de centenas de seções microtomograficas transversais, que possibilitam a visualização 2D ou a renderização 3D da amostra, indicando também área, volume e outras quantificações automatizadas, sendo uma forma eficaz de entender melhor a ligação entre propriedades micro estruturais e físicas do material analisado, e depende da utilização de computadores com capacidade para reconstruir e processar essas imagens, e nem sempre ficarão dentro do ideal (FERNANDES et. al., 2012).

A metodologia no processo de formação de raios X de maneira artificial é realizada por aceleração de elétrons contra um meio ou corpo metálico, com o bombardeamento desse material com uma imensa carga de elétrons carregados de energia cinética, gerando um feixe que é convertido em radiação eletromagnética de ondas curtas e alta frequência, com imensa capacidade de penetrar vários tipos de materiais (LOPES et. al., 2012).

Estas imagens fragmentadas são reproduzidas e salvas nos formatos BMP, TIFF, JPG, PNG ou dados numéricos e fornecem reconstruções de volume em interesses restritos, seleção de janelas de densidade e otimização de alinhamento, ampliação do campo de visão em objetos de maior volume entre outras opções fornecem várias opções de reconstrução multithread pelo algoritmo Feldkamp, reconstrução InstaRecon® e reconstrução acelerada por GPU com programas de reconstrução por algoritmos volumétricos de feixe cônico que se adaptam a geometria de varrimento para cada scanner micro-CT (Bruker.com, 2020).

Na Figura 12 pode ser visualizado em detalhamento tridimensional de um scanner SkyScan 1174, onde o ponto (1) indica a fonte de raios X microfoco 20-50kV, (2) a Câmera de raios X com sensor CCD, (2a) a localização do lente macro motorizada de alta resolução, e (3) mostra base manipuladora 50 mm com giro 360°.

Figura 12. Construção tridimensional do scanner SkyScan1174.



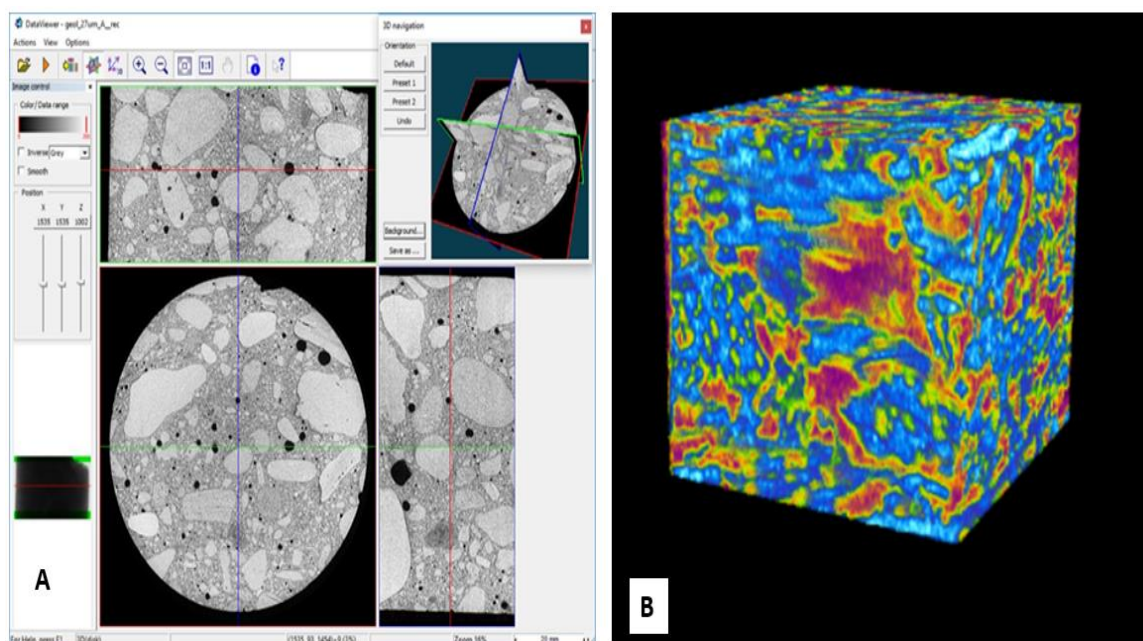
Fonte: SkyScan 2019.

O uso do micro-CT possibilita a reconstrução da estrutura anatômica do lenho de espécies folhosas, como na reconstrução feita por Belini et. al., (2010), que pode comparar as inúmeras vantagens do método não destrutivo, além da avaliação quantitativa da estrutura anatômica da madeira e etapas como visualizar planos transversais, longitudinais e tangenciais da madeira, caracterização macro e microscópica do lenho, reconstrução das disposições e alinhamentos dos elementos anatômicos da madeira, vasos, parênquima radial, longitudinal e fibras.

Além de proporcionar melhor identificação de compostos químicos presentes nas amostras, seja de fases minerais pela atenuação contrastante para facilitar o entendimento entre diferentes fases de compostos químicos presentes em determinada região da amostra avaliada, permitindo que a experiência do operador quanto ao procedimento e o equipamento permitam extrair boas imagens dos elementos, para assim obter resultados realmente confiáveis (DIAS, 2017).

Na Figuras 13 A, uma interface das imagens sob o eixo de coordenadas X, Y, Z no micro-CT SkyScan 1174 e a projeção tridimensional em DataViewer, e 13 B a reconstrução gerada da estrutura morfológica da amostra, pelo programa CTan.

Figura 13. Imagens do funcionamento de um micro-CT SkyScan 1174



Fonte A: <https://www.bruker.com/pt/products.html>. Fonte B: Acervo do Autor

Para Dias (2017), a utilização da μ CT possibilita a visualização em centenas de cortes não destrutivos, que por sua vez tornam possível a visualização tridimensional nas amostras para identificação de características físicas e morfológicas de materiais presentes nas amostras como volume, distribuição, densidade áreas porosas etc., sem a necessidade previa de preparação minuciosa das amostras.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo são abordadas todas as etapas do projeto, desde a escolha e coleta da madeira a ser utilizada, o processamento desses materiais para a obtenção das partículas necessárias para o desenvolvimento do projeto, a descrição detalhada dos procedimentos necessários para processamento e fabricação dos painéis, a porcentagem de resina aplicada e misturas de partículas, além dos equipamentos utilizados e dos métodos de fabricação do painel aglomerado contendo *Corymbia* e teca.

4.1. MATERIAIS UTILIZADOS

- Partículas de madeira *Corymbia citriodora* coletadas em cerraria tradicional, com árvores com idades e dimensões variadas,
- Partículas de madeira *Tectona grandis*, vindas de propriedade com sistema de manejo agropastoril,
- Balança digital Marte, modelo BL 3200, carga máxima de 3,2 kg com divisão de 0,01g;
- Caixas formadoras em madeira compensada, para moldagem do colchão de partículas;
- Prensa manual de madeira para pré-prensagem a frio, do próprio laboratório de processamento de madeira da Unesp;
- Prensa hidráulica, fabricada pela empresa PHS, modelo PHH 80T, com potência máxima de 80 toneladas e temperatura máxima dos pratos para até 200°C;
- Estufa de secagem fabricante SOLAB, modelo 102/480, potência de 4000 W, com temperatura máxima de 200°C;
- Conjunto de peneiras vibratórias da fabricante Pavitest;
- Serra esquadrejadeira marca Verry, mesa de 1,5 por 0,60 m e serra circular fabricante Leitz especificação 250 x 2.8 e 2.0x30 HW Z80/9.82;
- Dissecador fabricante Arsec – controle de umidade;

4.2. METODOLOGIA

A descrição metodológica do processo, destaca de forma detalhada todo o processo de produção do painel aglomerado, desde a coleta da madeira e escolha da resina, utilização dos equipamentos e a fabricação em si, separação das partículas por granulometria, adição de resina, forma de mistura, conformação nas formas, prensagem e colagem dos painéis, separação e normalização das peças para os procedimentos de corte.

4.3. EXTRAÇÃO E PROCESSAMENTO DA MADEIRA UTILIZADA

A madeira *Tectona grandis* foi coletada de uma floresta experimental particular na fazenda São José, no município de São Carlos-SP, com a seleção de uma árvore que possuía aproximadamente 18 anos na data de colheita. Essa floresta de cultivo de teca segue espaçamentos de 4 por 3 metros por árvore e um manejo de introdução da cultura juntamente com um sistema de manejo agropastoril da propriedade. A árvore selecionada coletada na região central da área plantada, possuindo DAP de 68 cm de diâmetro e 10 metros de altura aproximadamente, como destacado na Figura 14.

Figura 14. Colheita, coleta e processamento da Teca em São Carlos-SP.



Fonte: Acervo do Autor.

A *Corymbia* foi coletada no município de Torrinha-SP, em uma serraria especializada em extração e corte de *Eucaliptus* e *Corymbia* para fabricação de dormentes ferroviários, balancins e moirões para cercas e currais e madeiramento de caibros e vigotas utilizado em construção civil e fabricação de moveis, onde foram coletadas fragmentos de árvores de *Corymbia citriodora* recém serradas por serra de desdobro, ainda verdes para facilitar o corte sem danificar as pranchas, e destes desdobros, foram coletadas de forma aleatória várias partes da árvore entre cerne e alburno com toras com diâmetro DAP (diâmetro a altura do peito) de 50 a 80 cm em média, considerada uma árvore com um bom grau de maturidade.

Na Figura 15 é possível visualizar as arvores de *Corymbia citriodora* no habitat onde foram cortadas, o processo de descarregamento na serraria e o processo de serragem para fracionamento da madeira por serra de desdobro.

Figura 15. Colheita, coleta e processamento da *Corymbia citriodora*.



Fonte: Acervo do Autor.

As toras de *Corymbia* e *Tectona* foram transportadas para o Laboratório de Processamento de Madeira (LPM) do Departamento de Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia da UNESP de Bauru. As peças trazidas para o laboratório ainda verdes foram colocadas para secagem natural a sombra, por um período de 30 dias até o processamento dessa madeira em partículas menores. As toras cortadas foram limpas, descascadas e processadas em um triturador de facas rotativo Lippel, modelo TM-30, onde o material foi totalmente picado e desfragmentado em forma de cavacos de granulometrias variadas, em dimensões.

Esse material triturado foi ensacado e pesado para ser processado, onde foram obtidos aproximadamente 75 kg de material particulado de cada espécie, que foram levados em seguida para o processo de peneiramento, destacadas nas imagens A, B e C da Figura 16, detalhes do equipamento, o painel de comando e o procedimento de trituração e formação das partículas.

Figura 16. Triturador TM-30 LIPPEL, corrente e tensão de trabalho e cavacos.



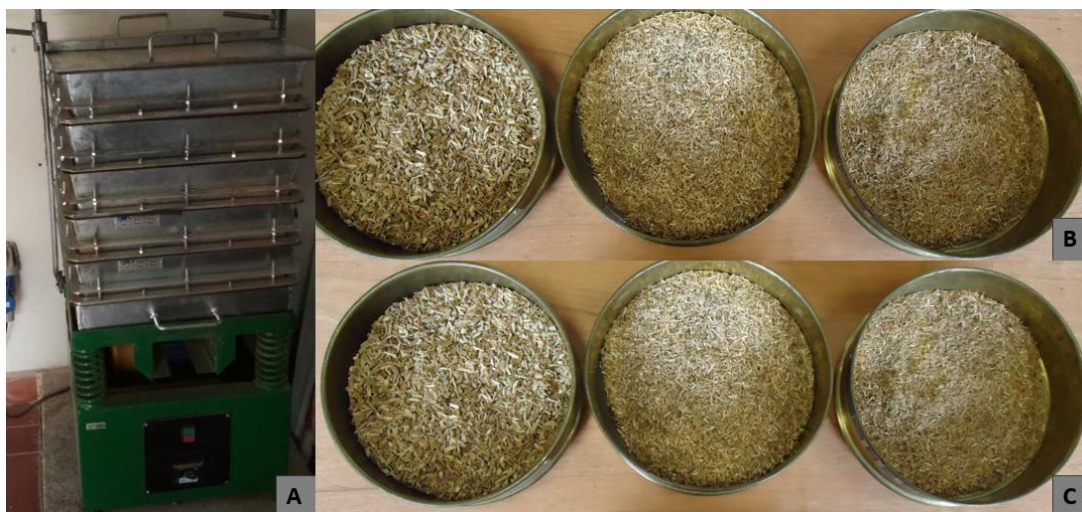
Fonte: Acervo do Autor.

O processo seguinte a ser aplicado foi o peneiramento utilizando o conjunto de peneira vibratória Pavitest, que possui um conjunto de peneiras com separação por divisão de granulometrias de partículas e separação em peneiras de diferentes aberturas de malha com dimensionamento que variou entre (< 5 e > 60 mesh) maiores que 5 Mesh até partículas menores de 60 Mesh.

A ideia de separação das partículas foi uma alternativa para uma maior limpeza das partículas com a, retirada do máximo de impurezas possíveis para não afetar a qualidade dos painéis e facilitar os procedimentos que viriam a seguir

Na Figura 17, é possível ver o conjunto de plataformas das peneiras instaladas na peneira vibratória Pavitest em operação (A), as partículas e Corymbia (B), e as partículas de teca (C) já separadas para secagem e início de produção dos painéis particulados.

Figura 17. Etapas de peneiramento e separação das partículas



Fonte: Acervo do Autor.

O processo de peneiramento, além de dividir nas granulometrias ideais para o trabalho, contribui também para a eliminação de impurezas como torrões de solo, cascas e poeira, entre outros e sua separação também facilita a pesagem e mensuração de quanto material particulado de cada granulometria estará disponível para a confecção dos 25 painéis aglomerados a serem produzidos. O volume de material processado gerado foi de 35 kg de particulado da espécie *Corymbia citriodora* e 37,5kg de partículas da espécie *Tectona grandis*, distribuídos nas três granulometrias distintas, como é possível visualizar na Figura 18

Figura 18. Distribuição das partículas por granulometria após processo de peneiramento.



Fonte: Acervo do Autor

4.4. RESINA POLIURETANA BI-COMPONENTE AG 101

A Resina utilizada neste trabalho foi fabricada pela empresa de Resinas Kehl, de São Carlos-SP, composta de um aglomerante bi componente de base poliuretana Polioli e um ligante endurecedor pré-polioli polimérico, com código de identificação AG101. O componente A é composto por isocianato difuncional ou polifuncional que contém mistura de difenilmetano diisocianato em estado líquido de aspecto marrom escuro com densidade aproximada de 1,24 kg/litro. O componente B possui polioli aglomerante em estado líquido, derivado de óleo vegetal a base de mamona com presença de cargas minerais e pigmentos de aspecto colorido em tom amarelado, com odor característico e densidade aproximada de 1,0 kg/l.

A resina AG101 ao misturada torna-se insolúvel em água, onde a junção dos componentes forma um composto de massa viscosa com alta capacidade de aderência em qualquer produto de superfície porosa, sendo capaz de efetuar uma boa fixação, colagem ou impermeabilização para proteção superficial com alta resistência quanto à absorção de líquidos além de dar maior resistência contra variação dimensional por absorção de água ou deformação superficial, como é possível ver na Figura 19, Resina e aglomerante PU com diferenças de densidade.

Figura 19. Componentes da resina poliuretana AG101.



Fonte: Acervo do Autor

4.5. FABRICAÇÃO DOS PAINÉIS COM *TECTONA* E *CORYMBIA*

O cálculo da dimensão do painel para quantificação de materiais para fabricação dos painéis totalizou 15 kg de partículas de cada componente (*teca* e *Corymbia*), que foram levados para secagem em estufa SOLAB de forma separada, onde passaram por aquecimento a $100^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}$, por 72 horas, para controlar a umidade do material em teores abaixo de 10%, considerados pela norma NBR14810-2 (2013) como ideais para painéis aglomerados.

Na definição dos painéis foram levados em consideração diversos fatores como a densidade média de $0,75 \text{ g/cm}^3$ ou 750 kg/m^3 , subdividindo os painéis em 5 traços distintos, com o primeiro painel contendo 100% de sua composição baseada em partículas de *Corymbia*, o segundo painel com 75% *Corymbia* e 25% *Teca*, o terceiro contendo 50% *Corymbia* e 50% *Teca*, o quarto painel com 25% *Corymbia* e 75% *Teca* e o quinto traço com 100% *Teca*, onde a variação das partículas em porcentagem de massa, os cálculos de dosagem aplicada e o peso do material.

Cada painel produzido recebeu 60% de material particulado mais grosso com granulometria entre 5 a 9 Mesh, outros 30% de material particulado tendo granulometria entre 10 a 18 Mesh e os 10% restantes sendo usado o material particulado fino variando de 28 a 60 Mesh, completando assim a formação dos colchões de partículas.

Considerando o volume máximo de material para a produção do painel, a compactação máxima das partículas e a fôrma para conformação dos painéis foi elaborada a Tabela 3 contendo a divisão de cada porcentagem e dosagem a ser usada em cada traço de painel para uma construção uniforme.

Tabela 3. Combinação dos traços dos painéis de T1 a T5.

Gramatura (mesh)	Porcentagem de massa	Cálculo das dosagens*	Peso de material por painel (g)
<5 >9	60 %	$1158,24 * 0,6$	694,95
<10 >28	30 %	$1158,24 * 0,3$	347,48
<28 >60	10 %	$1158,24 * 0,1$	115,83

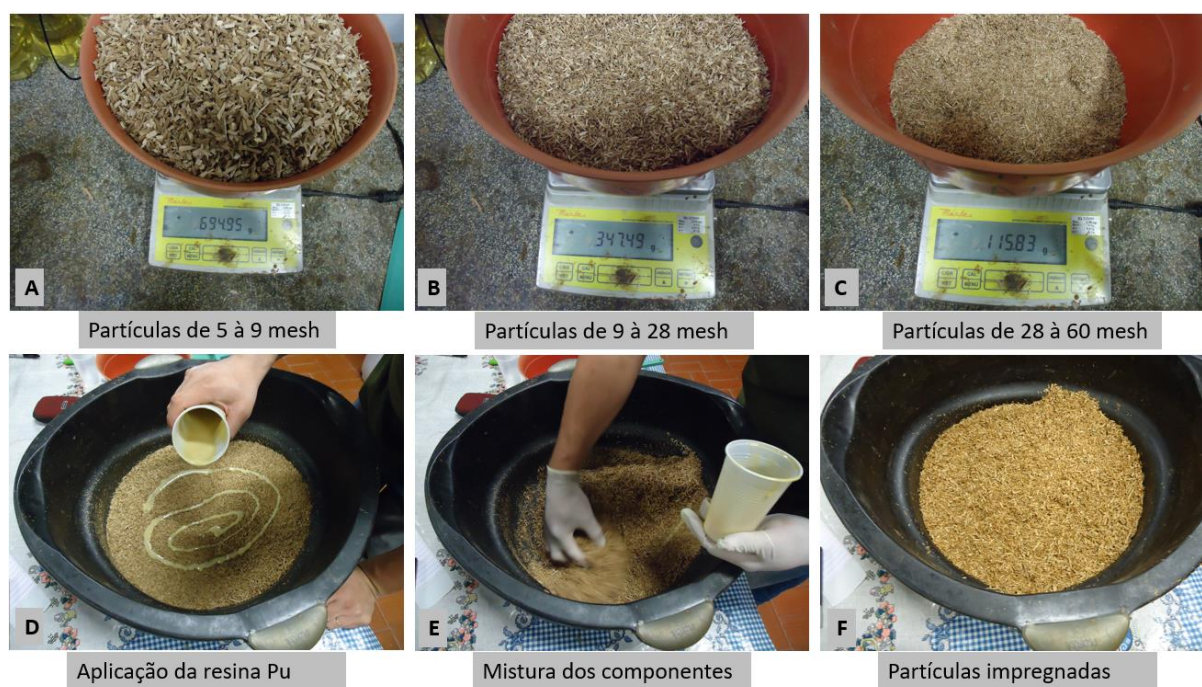
* O cálculo da quantidade de material por painel para densidade de 750 kg/m^3
 $(0,38 \text{ cm} * 1,27 \text{ cm} * 0,75 \text{ g/cm}^3 = 1,158,24 \text{ g})$

O cálculo de materiais para a produção dos painéis levou em consideração a densidade desejada nos painéis, o melhor preenchimento dos painéis e as dimensões do arco limitador do painel que possui 38 x 32 x 1,27 cm (comprimento, largura e altura), gerando uma estimativa de 1158,24 gramas de material particulado por peça,

Na primeira etapa foi efetuada a pesagem do material que é acomodado no recipiente de mistura, sendo colocadas de forma ordenada as partículas mais grossas de 5 a 9 mesh, depois 10 a 16 mesh e por fim as partículas menores com 17 a 28 Mesh, ficando as partículas menores acomodadas na parte central do bolo para receber a mesma dosagem de impregnação da resina no máximo de partículas possível deforma mais uniforme possível durante a mistura.

Os detalhes dessas etapas do processo de produção descrita nas Figura 20, seguem a sequência alfabética de pesagem das partículas (A, B, C) adição da resina (D) e mistura dos componentes com a resina (E, F).

Figura 20. Pesagem e mistura dos componentes do painel



Fonte: Acervo do Autor.

Foi aplicada a mistura de 1:1 (um pra um) do adesivo na proporção de 10% da massa total em peso seco das partículas em todos os painéis, seguindo recomendações do fabricante como ideal para adesão em pó de madeira, partículas vegetais, pó cerâmico entre outros componentes, cuja recomendação do fabricante para aplicação externa sendo submetidos a testes de acordo com as normas NBR-9779/87; NBR-9779/95 e NBR-10787/94.

Com o material acomodado no recipiente, as partículas e a resina foram misturadas e atritadas umas nas outras até que o aspecto da mistura não mostrasse mais partículas secas, o que era facilitado, uma vez que as partículas impregnadas apresentam um aspecto brilhante em comparação à opacidade das partículas secas e sem resina. Após a mistura, o bolo de partículas e resinas foi levado para uma caixa formadora para o espalhamento e onde o colchão de partículas foi montado sobre um quadro metálico na dimensão de 38 x 32 x 1,27 cm, responsável pelas dimensões finais dos painéis após prensagem.

Esse quadro metálico, chamado de delimitador de espessura, trata-se de um arco de aço maciço, contendo furos e pequenos chanfros em todo o seu perímetro, para permitir a saída do vapor de água durante o processo de prensagem a quente, evitando assim situações de risco por explosão e acúmulo de gases ou bolhas de vapor no interior dos painéis.

Após a acomodação das partículas e sua compactação máxima dentro da caixa formadora, foi efetuado o processo de pré-prensagem por prensa manual, para acomodação das partículas dentro do perímetro do arco de conformação, esse bolo de partículas foi retirado da forma de madeira para a aplicado de uma camada de filme plástico para impedir a aderência nos pratos de inox e assim ficando pronto para ser levado à prensa aquecida .

Dentro da plataforma da prensa, iniciou-se a conformação do painel, com o fechamento das plataformas de prensagem lentamente, até que estas encostassem nos pratos da fôrma do colchão de partículas, para realização de uma pressurização inicial de 30 bar por um período de 5 segundos e na sequência sendo efetuada a prensagem definitiva do colchão e o travamento dos pratos da prensa hidráulica na pressão e tempo estabelecidos para o processo de conformação final.

Os detalhes dessas etapas do processo de produção descrita nas Figura 21, seguem a sequência alfabética de acomodação das partículas (G) pré prensagem (H) definição do perfil do painel e adição e filme plástico (I, J) até o procedimento de prensagem definitiva dos painéis (L, M).

Figura 21. Procedimentos de preparação e prensagem dos painéis



Fonte: Acervo do Autor.

O processo de prensagem foi realizado com temperatura de 110°C (Celsius) em ambos os pratos da prensa, com a utilização da pressão hidráulica da máquina aos 190 bar de pressão, (193,75 kgf/cm²) estabelecidos para todos os painéis, com o tempo de permanência dos painéis na prensa fixado em 10 minutos. Transcorrido os 10 minutos da prensagem determinada, foi efetuado o alívio de pressão por 10 segundos, para permitir o escape de vapor e evitar acidentes e explosões, comuns em casos de reações químicas, acúmulo de vapores ou reações de resinas fenólicas, mesmo não sendo o caso da resina AG-101 descrito na literatura.

Em seguida foi efetuado a abertura das plataformas para remoção dos pratos, para o acesso ao molde já conformado e assim levar para o resfriamento antes de desenformar a peça produzida.

Nesta etapa já foi possível notar se o painel atingiu a conformação desejada e se a superfície da peça apresenta alguma irregularidade, como bolhas externas e defeitos na formação do painel, como fissuras, trincas ou falhas ao longo do espalhamento das partículas. Esperou-se cerca de 3 minutos do resfriamento ao ambiente para retirada da forma envolta ao painel, fazendo assim a limpeza das bordas com uma espátula e retirando o arco metálico, levando o painel para esfriar até a temperatura ambiente, que leva um tempo médio de 20 a 25 minutos. A textura dos painéis fabricados, bem como sua resistência mecânica vai depender desse resfriamento, pois o processo de cura ideal necessita de pelo menos 72 horas antes que esse material particulado possa ser utilizado para ensaios mecânicos ou físicos.

Na Figura 22 pode ser visto em detalhes o painel da prensa hidráulica PHS, o painel já conformado e em processo de resfriamento e o painel já retirado da forma e pronto para marcação e descanso de 72 horas antes do fracionamento dos CPs.

Figura 22. Detalhes da prensa e vista dos painéis aglomerados



Fonte: Acervo do Autor.

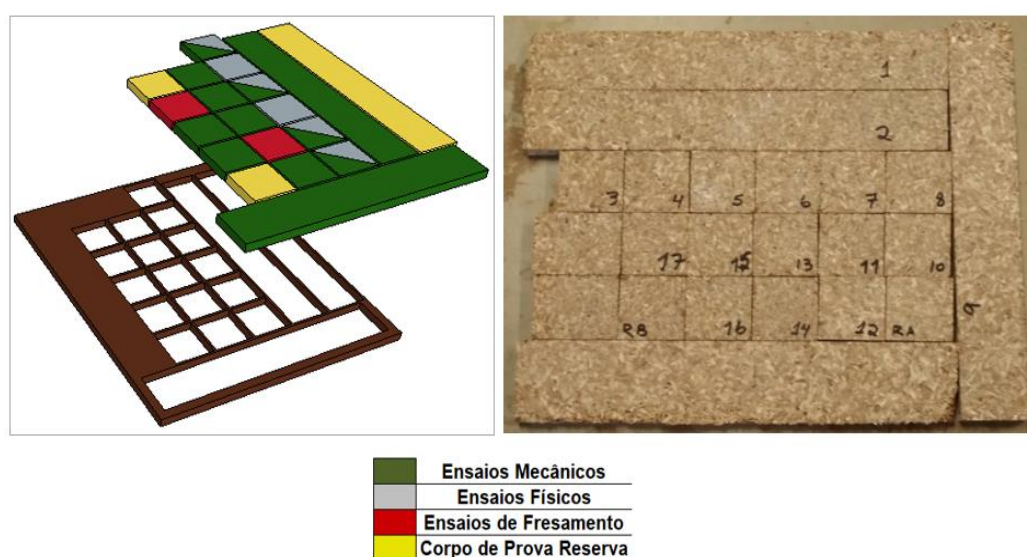
Os procedimentos descritos seguiram um ciclo de trabalho controlado, desde a pesagem e mistura da resina, adição da resina nas partículas e mistura, a conformação do colchão de partículas, pré-prensagem manual, o acondicionamento do colchão de partículas na prensa aquecida, a prensagem e pós-prensagem, e conformação do painel até estar desenformado e pronto para o corte e posterior utilização nos ensaios de acordo com a norma NBR 14810-2 (2013)

4.6. PLANO DE CORTE E PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS

Para facilitar a separação das peças para os ensaios físicos, mecânicos e microscópicos, foi desenvolvido um plano de corte baseado no trabalho de Bueno (2014), que executou a fabricação de painéis de MDF a base de eucalipto e fibra de cana de açúcar, cuja separação por cores no desenho tridimensional tem por finalidade facilitar o entendimento para o corte e marcação dos CPs, que segundo Acervo do Autor, seguiram a mesma ordem em todos os traços para que houvesse coerência na comparação dos resultados adquiridos nos ensaios e testes realizados,

Como alguns corpos de prova não sofrem degradação ou danos nos ensaios físicos, como os de análise de densidade, por exemplo, estes podem ainda ser reaproveitados para outros ensaios, inclusive ensaios destrutivos. Deste modo, os CPs de coloração cinza foram destinados a ensaios físicos, enquanto os CPs verdes foram separados para ensaios mecânicos, e os vermelhos serão submetidos à ensaios tridimensionais, restando ainda os CPs de coloração amarela foram reservados como corpos de prova reserva, como representado em detalhes na Figura 23.

Figura 23. Plano de corte e corte e marcação para os ensaios.



Fonte 1: Adaptado de Bueno, (2014);

Fonte 2: Acervo do Autor

4.7. ENSAIOS FÍSICOS

Os ensaios físicos consistiram na avaliação do comportamento das peças fabricadas via Norma para painéis aglomerados, NBR 14810-2 de (2013), quando submetidas aos testes de análise de densidade, absorção de água, inchamento em espessura, e análise do teor da umidade nos painéis fabricados. Esses testes, além de importantíssimos, ajudam a entender se há ou não uma regularidade na estrutura dos painéis fabricados, para atestar a qualidade do material desenvolvido e se o processo produtivo gerou resultados precisos e confiáveis.

4.7.1. Determinação da Densidade por Método Gravimétrico

O ensaio para a análise da densidade dos painéis aglomerados confeccionados, se deu através da pesagem das amostras, a medição de largura, comprimento e espessura das amostras, com a ajuda de uma balança digital de resolução mínima em 0,01 g, um micrometro digital Mitutoyo IP-65 e um paquímetro digital Mitutoyo. Para a determinação desses valores de densidade em cada painel, foi necessário a utilização das equações 1 e 2, para medir a densidade e volume dos CPs e determinar o valor da densidade de cada painel, conforme NBR 14810-2 (2013).

$$D = \frac{M}{V} \times 1000000 \quad (1)$$

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

Onde:

D = é a densidade do corpo de prova (CP), quilograma por cúbico (kg/m³);

m = é a massa do CP, expressa em gramas (g);

V = é o volume do CP, expresso em milímetro cúbico (mm³);

L = é a largura do CP, expresso em milímetros (mm);

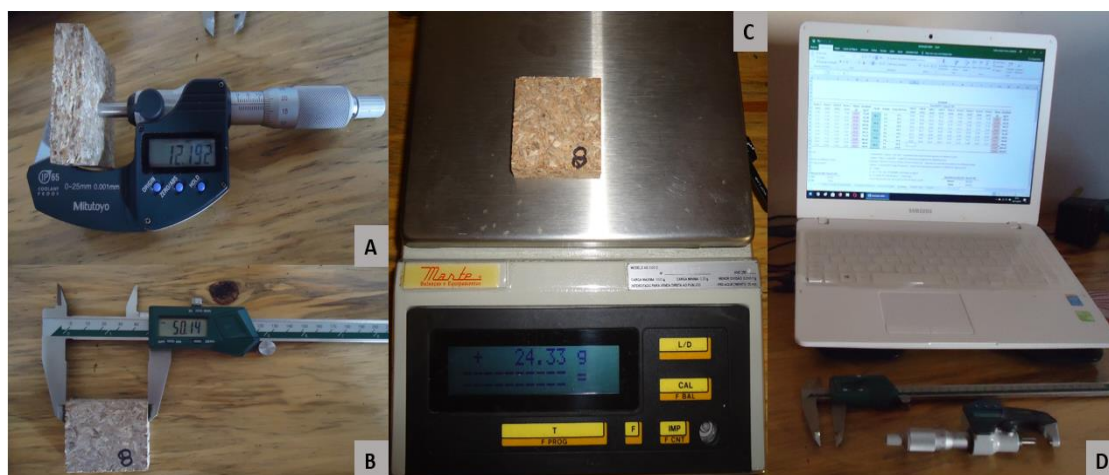
C = é o comprimento do CP, expresso em (mm);

E = é a espessura do CP, expresso em milímetros (mm).

Para esse cálculo são utilizadas como base as equações 1 e 2 já descritas, e inseridas em planilha própria, desenvolvida com base a todos as informações vistas nas normas de fabricação de painéis aglomerados, painéis MDF e painéis particulados.

Como pode ser visto nas imagens da Figura 24, os procedimentos de medição dos corpos de prova com micrometro paquímetro a coleta de dados para serem calculados os valores para determinação da massa das amostras.

Figura 24. Instrumentos para ensaio de análise de densidade



Fonte: Acervo do Autor.

4.7.2. Determinação de Absorção de Água e Inchamento em Espessura

Para a realização dos ensaios de absorção de água e inchamento em espessura foram adotados os procedimentos versados na norma NBR14810-2 (2013), com a pesagem dos corpos de as provas medindo 50x50 mm em balança digital com resolução de 0,01g para a obtenção da massa M0.

Na sequência dos testes, os Cp's foram imersos em um recipiente de plástico transparente com água destilada em temperatura controlada para permanecer a $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ e uma profundidade de imersão de aproximadamente 25 mm abaixo da linha d'água, sendo mantida nessas condições por um tempo mínimo de 24 horas. Após esse período, as amostras foram pesadas novamente para a obtenção da massa saturada M1 para a conversão desses valores em fórmula definida expressando os resultados em porcentagem para encontrar os valores de A como segue via equação 3.

$$A = \frac{M1-M0}{M0} \times 100 \quad (3)$$

Onde:

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

m1 = massa do CP após a imersão, expresso em gramas (g);

m0 = massa do CP antes da imersão, expresso em gramas (g).

Também é nesse ensaio de inchamento e espessura que se determina o aumento na espessura do painel, causado pela absorção de líquido, sendo feita essa determinação de percentual pelas medições no centro das amostras antes da imersão para obter o E0 como indicador inicial e após as 24 horas de permanência do CP mergulhado em fluido para obter o E1, que ao serem inseridos na equação 4, darão a porcentagem de I e esse aumento de espessura ou deformação dos painéis.

$$I = \frac{E1-E0}{E0} \times 100 \quad (4)$$

Onde:

I = inchamento em espessura do CP, expresso em porcentagem (%);

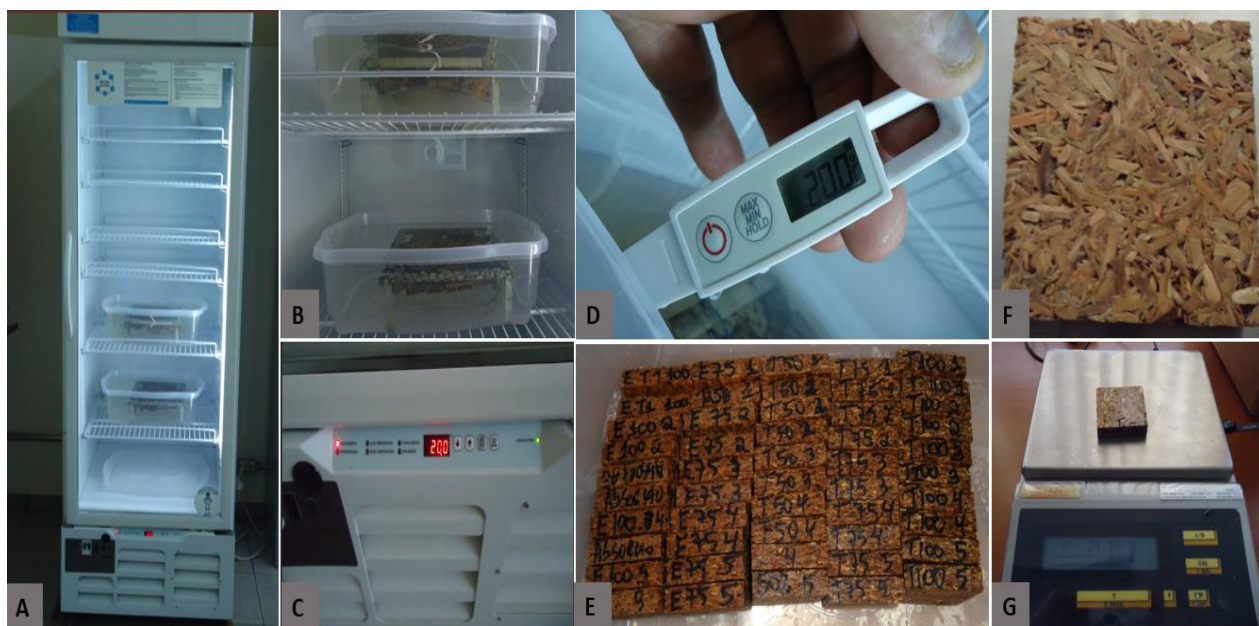
E1 = espessura do CP após imersão, expressa em milímetros (mm);

E0 = espessura do CP antes da imersão, expresso em milímetros (mm).

O experimento foi realizado no laboratório de análise da faculdade de Tecnologia de Jahu que conta com uma estufa de meio de cultura BOD, marca FAMEM, modelo 347 CVD/2 com potência de 3560 watts e capacidade de variação de temperatura de -5° até 50°C para avaliação e conservação de amostras em ambiente climatizado sem variações bruscas de temperatura. As amostras foram todas pesadas, medidas e em seguida mergulhadas em água já com temperatura em 20°C como determina a norma, todas sob as estruturas metálicas com telas para manter as amostras a 25 mm abaixo da linha d'água, onde foram mantidas pelas próximas 24 horas $\pm$ 30 min, sempre monitoradas para detectar qualquer alteração que prejudicasse as medições.

Os CP's foram retirados da câmara e depois do procedimento de drenagem da água, foi efetuada a pesagem de peça a peça e esses valores inseridos na planilha própria de cálculos a fim de se obter o valor da massa e as novas medidas e comparar sua variação durante o processo. Nos registros fotográficos contidos na Figura 25, é possível ver em sequência a estufa já com os recipientes (A), o nível da água nas bandejas (B) o termômetro da estufa travado em $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ (C), além da aferição por termômetro digital de temperatura (D) e por fim as amostras sendo drenadas (E, F) para a aferição da pesagem e medidas finais (G).

Figura 25. Equipamentos e medição de absorção de água e inchamento em espessura



Fonte: Acervo do Autor.

4.7.3. Determinação do Teor de Umidade

Já a determinação de teor de umidade, as amostras secas foram pesadas para obtenção dos valores de MU ou massa úmida do corpo de prova, para assim serem colocados na estufa de secagem com temperatura afixada em $103^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ e permaneceram por seis dias até que a maior parte da umidade das partículas retirada. A retirada total dessa umidade interna das partículas de madeira é quase impossível, uma vez que para atingir tal intento, pois chegaria a um limite mínimo ao qual não seria mais possível retirar toda a água contida dentro das partículas e fibras da madeira, que só poderá ser retirada com a carbonização total das amostras, que não é o objetivo desse projeto.

Na prática, a obtenção da massa seca das amostras (MS) será conhecida após inúmeras pesagens até se chegar a um limite de variação inferior a 0,1% entre as duas últimas pesagens, para calcular assim a relação de Mu e MS será obtido então o valor residual dos Cp's via equação 5.

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

Onde:

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

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

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

Assim sendo, os 50 corpos de prova de 50x50 mm foram pesados para a obtenção das massas úmidas (Mu) e acondicionados nas bandejas da estufa e levados a estufa com o timer de temperatura acionado e a temperatura inicial partindo de 22°C , temperatura ambiente medida no local.

As medições programadas se deram a cada 24 horas nos 5 primeiros dias, até o sexto dia, em que as medições se deram de 4 em 4 horas até que não se

percebesse mais variação significativa maior que 0,1g, ficando assim dentro dos limites mínimos exigidos por norma. Os destaques na Figura 26 foram projetados para demonstrar o equipamento utilizado (A), e as amostras já separadas e pesadas para serem colocadas na estufa (B), posicionamento das bandejas (C) e retirada dos corpos de prova para medição e finalização do ensaio (D).

Figura 26. Estufa de secagem e corpos de prova em tratamento



Fonte: Acervo do Autor.

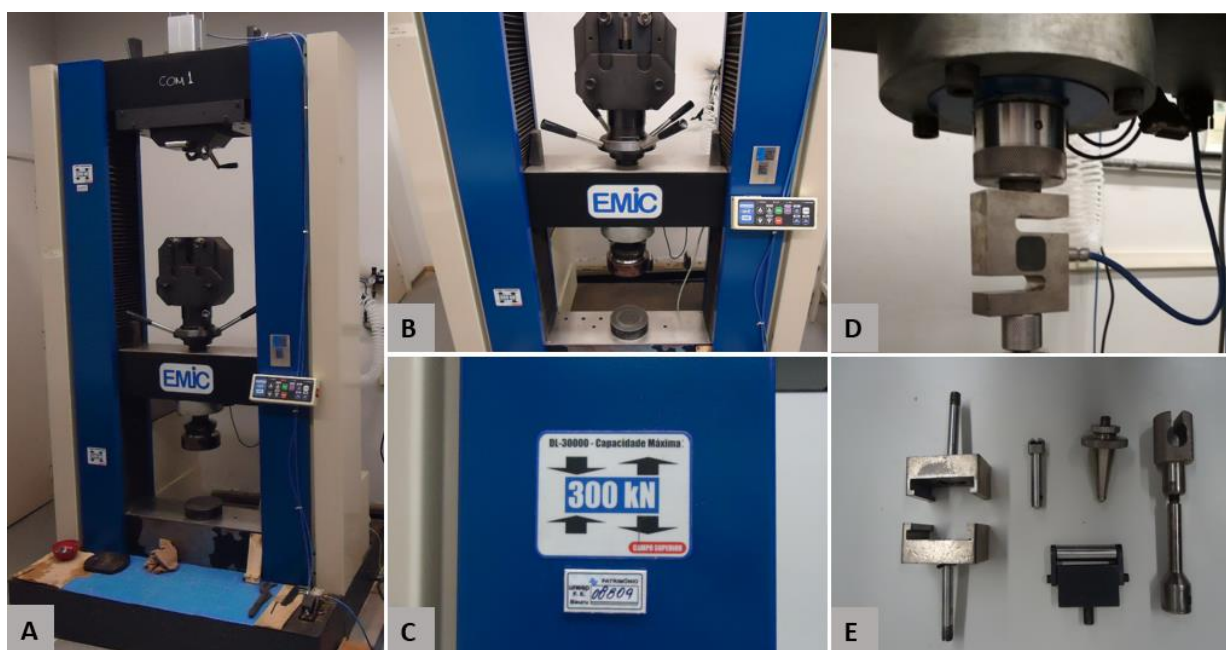
4.8. ENSAIOS MECÂNICOS

Os ensaios mecânicos que serão realizados para desenvolvimento deste trabalho de pesquisa serão descritos de forma detalhada para os ensaios de arrancamento de parafuso de topo e face, resistência a flexão estática e módulo de elasticidade para a obtenção do módulo de ruptura e módulo de elasticidade conhecidos como MOR e MOE, arrancamento superficial e resistência a tração perpendicular as faces, todos realizados de acordo a NBR 14810-2 (2013).

Para a realização de todos os ensaios mecânicos, contamos com uma máquina para ensaios universal produzida pela empresa EMIC, pertencente e instalada no laboratório de ensaios mecânicos e de solo da engenharia civil, no campus da UNESP de Bauru.

Na Figura 27, é possível ver em destaque as partes físicas e mecânicas mais importantes do equipamento de testes, tendo em (A) a visão geral da EMIC DL 30.000 e sua base de fixação, (B) o painel de controles, (C) a descrição de capacidade do equipamento, em (D) temos a fixação da célula de carga para a leitura dos ensaios, e finalmente em (E) todos os acessórios de acoplamento que serão utilizados nos cinco ensaios mecânicos a serem realizados.

Figura 27. Máquina universal de testes EMIC e ferramentas utilizadas.



Fonte: Acervo do Autor.

4.8.1. Ensaio resistência à flexão estática (MOR) e (MOE)

Para a realização deste ensaio, é efetuada a programação da máquina universal de ensaios EMIC e o posicionamento dos corpos de prova medidos em 3 pontos distintos, ensaio este que conta com 50 CP's possuindo 300x50 mm, que serão apoiados em dois suportes de sustentação, respeitando-se um vão livre de

250 mm, vide NBR14810-2 (2013) onde é efetuado o carregamento no centro da peça de forma lenta e gradual até que a máquina efetue a ruptura total da peça.

Dessa forma os valores são transferidos para o computador onde estão os programas e essa análise dos dados obtidos se dá pelas fórmulas para o módulo de ruptura (MOR) e fórmula definida para o módulo de elasticidade (MOE).

Para o cálculo, usa-se como referência as formula obtidas pelas equações 6 e 7, que irão retirar os dados obtidos e inserir na planilha de cálculo específico da EMIC, cujos valores de ruptura ou flexão também serão apresentados em fórmula de desvio padrão, médias, medianas, além de valores máximos e mínimos para cada ensaio.

$$MOR = \frac{1,5 \times (P \times D)}{B \times (E)^2} \quad (6)$$

Onde:

MOR = Módulo de ruptura em Newton por milímetro quadrado (N/mm²);

P = carga de ruptura no indicador de cargas expresso em Newton (N);

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

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

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

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

Onde:

MOE = Módulo de elasticidade, em Newton por milímetro quadrado (N/mm²);

P1=carga no limite proporcional no indicador de cargas em Newton (N);

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

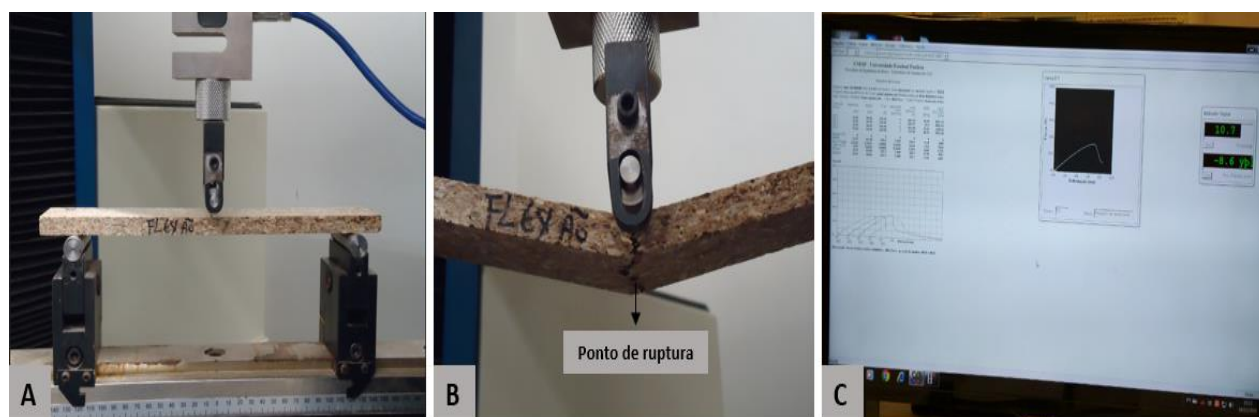
d = deflexão correspondente à carga P1 em milímetros (mm);

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

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

Os valores já tabelados seguem um padrão configurado pelo programa da máquina de ensaios para todos os ensaios mecânicos, fazendo as interpolações de curva, e todos os ajustes matemáticos, gerando planilhas de ensaios de MOR e MOE. Como pode ser bem observado na Figura 28, o posicionamento do sistema para o ensaio de resistência a flexão e módulo de elasticidade (A), o ponto de ruptura do corpo de prova (B) e a tela do programa para acompanhamento da geração de gráficos (C).

Figura 28. Ensaio resistência a flexão e módulo de elasticidade MOR e MOE.



Fonte: Acervo do Autor.

A regularidade deste ensaio nos pontos de fratura na parte central e a estabilidade desses ensaios foram determinantes para avaliar o comportamento do material fabricado, cabendo ainda entender se a estrutura adquirida na interação adesivo/partículas foi bem-sucedida ou se careceria de maior aperfeiçoamento antes de submeter aos demais ensaios mecânicos, onde a mistura teca e *Corymbia citriodora* respondeu muito bem ao teste aplicado.

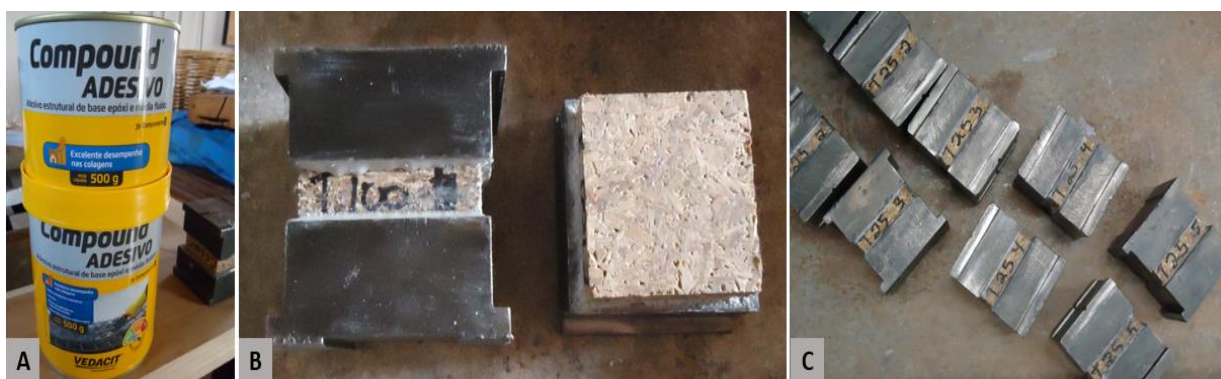
4.8.2. Resistência à Tração Perpendicular as Faces

A função particular dos ensaios de tração perpendicular as faces são para determinar a adesão e ligação envolvendo partículas da madeira utilizada e a resina poliuretana, e para que seja possível perceber se houve qualidade na mistura dos materiais e se a ação de prensagem utilizada foi suficiente para essa união, além de

dar indicativos de qual o nível de resistência foi possível chegar com a junção desses dois componentes dentro do processo de fabricação. Foram usados 50 corpos de prova medindo 50x50 mm, sendo 10 corpos de prova selecionados para cada traço produzido, unidos a dois cabeçotes metálicos padronizados, onde os corpos de prova foram colados com uma liga de resina epóxi com poliamida de baixa densidade e média fluidez denominada Compound® da empresa VEDACIT®.

A escolha desse produto vem de inúmeras experiências e testes com uma variedade de marcas de produtos para colagem de corpos de prova, onde foram constatados que essa liga adesiva foi a que possibilitou os melhores resultados diante dos ensaios aplicados. Conforme é possível visualizar na Figura 29 o produto Compound adesivo usado para a junção dos Corpos de prova (A), os gabaritos metálicos projetados conforme a norma para os ensaios com a colagem em duas etapas para melhor adesão do produto no painel (B) e as peças já coladas e prontas para serem submetidas aos ensaios após 72 horas de cura (C).

Figura 29. Adesivo Compound e colagem dos corpos de prova



Fonte: Acervo do Autor.

Os ensaios de resistência a tração perpendicular também seguem o mesmo roteiro do padrão de cálculos e formação dos gráficos pelo próprio programa da EMIC, baseados na composição da equação normatizada pela NBR14810-2 (2013), composto pelo cálculo de resistência a tração perpendicular abaixo especificada na equação 8:

$$TP = \frac{P}{S} \quad (8)$$

Onde:

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

P = carga na ruptura lida no indicador de cargas em Newton (N);

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

Após a junção dos corpos de prova, estes foram colocados para descanso por 72 hora para efetivação da colagem, tempo este determinado após inúmeras experiências com ensaios desse padrão, os corpos de prova foram inseridos na máquina universal para serem submetidos ao ensaio, onde a programação das distancias mínimas e máximas para ruptura das peças foi travada para dar condição de igualdade a todos os testes, só então foi aplicado o carregamento crescente até que a ruptura total pudesse ser observada. Na Figura 30, é possível visualizar nas imagens (a) do ajuste das distancias para ruptura e em (B) a distribuição dos componentes para o ensaio.

Figura 30. Resistência a tração perpendicular as faces



Fonte: Acervo do Autor

4.8.3. Determinação à Resistência a Tração superficial

O ensaio de resistência a tração superficial também contou com um total de 50 ensaios, tendo 10 corpos de prova de 50x50 mm, todos ajustados com corte circular de 35 mm por serra copo a uma profundidade de 1 mm no centro de cada peça para a colagem de pinos de metal contendo diâmetro de 35,7 mm $\pm$ 0,2 mm e efetuada a colagem com o adesivo Compound®.

Estes pinos são apoiados no cabeçote da máquina universal enquanto a peça de madeira será fixa no suporte inferior, que fará a resistência a tração suficiente para o arrancamento dos pinos e a medição da força aplicada até a ruptura completa. A equação para cálculo da resistência a tração dos corpos de prova parte normatizada pela NBR 14810-2 (2013) descrito com detalhes na equação 9 onde constam RS, L e S descritos detalhadamente como:

$$RS = \frac{L}{S} \quad (9)$$

Onde:

RS= Resistência à tração superficial em Newton por milímetros quadrado (N/mm²);

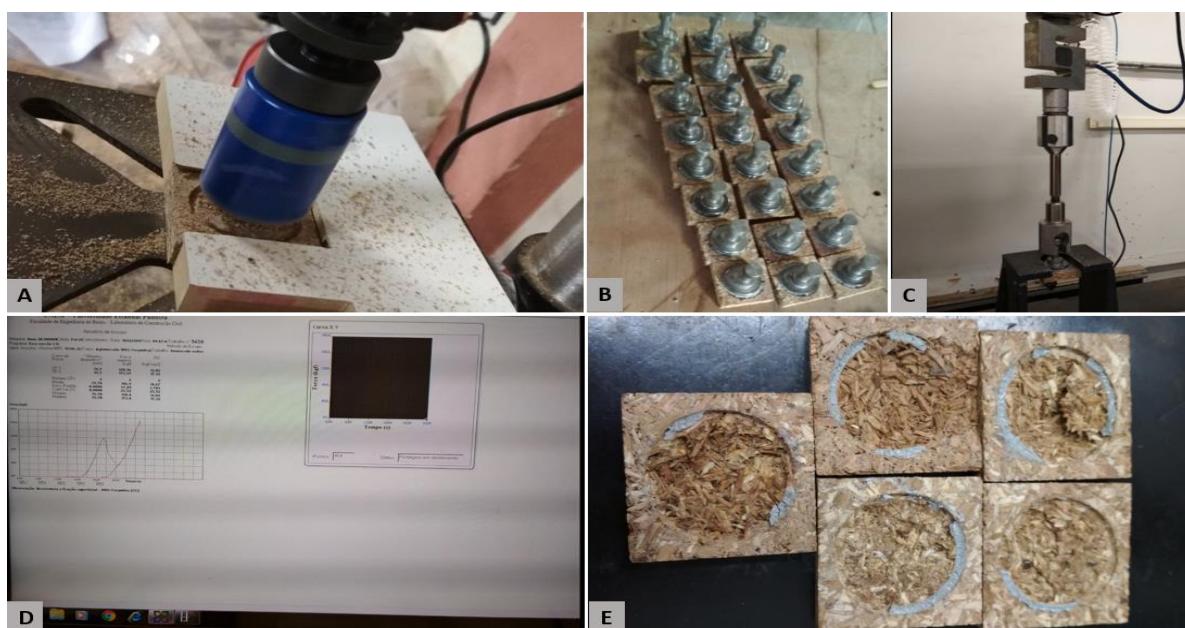
L = Leitura do indicador de cargas da máquina universal em Newton (N);

S= área de rompimento do corpo-de-prova, equivalente a 1.000 mm².

De modo geral, o engastamento das peças com o compósito Compound nos suportes de aço responde melhor aos ensaios se efetuada a colagem das peças e o ensaio de rompimento dos corpos de prova em até 72 horas após a colagem, como foi possível notar nos testes preliminares de arrancamento dos pinos do ensaio de resistência a tração. Entende-se que o ensaio foi bem-sucedido, quando a força concentrada remove o pino engastado com parte da superfície do material particularmente dentro das zonas demarcadas ao centro do painel, no perímetro modelado pelos sulcos de 5 mm feitos por serra copo, com uma polegada (1').

Na Figura 31, encontra-se a descrição fotográfica da preparação dos sulcos para colagem dos pinos no corpo de prova (A), as peças já coladas e em repouso de 72 horas antes dos ensaios em (B), ensaio de arrancamento sendo conduzido em (C), a projeção dos gráficos gerados durante a realização dos ensaios em (D) e as peças ensaiadas (E).

Figura 31. Ensaio de resistência a tração superficial



Fonte: Acervo do Autor.

4.8.4. Determinação da Resistência ao Arrancamento de Parafuso de Topo e Face

Dividido em duas etapas de ensaios, o arrancamento superficial de parafusos ou ensaio de resistência ao arrancamento de parafusos de topo e face tem por finalidade testar a resistência dos painéis aplicando uma pressão de arraste do parafuso para fora da peça causando o arrancamento forçado do parafuso com aplicação de tração lenta e constante até que o parafuso esteja totalmente exposto fora do painel. Para tanto, foram preparados 50 corpos de prova para cada tipo de ensaio, medindo cada um 50x50 mm e sendo separados de 10 em 10 para cada traço produzido gerando um total de 100 peças.

Foi efetuada a furação no ponto central de todas as peças, que no caso da face, posicionada em uma das laterais ou a furação no ponto central superior de cada painel no caso dos ensaios de topo ou superfície, com utilização de uma broca comercial de $2,7\text{mm} \pm 0,1\text{ mm}$ e profundidade de $15\text{ mm} \pm 0,5\text{ mm}$ onde foram inseridos parafusos de $4,2\text{ mm} \times 38\text{ mm}$ de espessura e passo da rosca de $1,4\text{ mm}$ até a profundidade especificada na NBR14810-2 (2013).

Em seguida, todos os corpos de prova são levados ao laboratório e colocados à prova na máquina universal de ensaios EMIC 3000, enquanto é efetuada a programação dos limites de deslocamento axial que fazendo a função de arrancamento com uma base engastada onde o parafuso é fixado em cabeçote específico modelo cabeça de martelo até efetuar o arrancamento completo de cada parafuso, cuja programação determinada para esta operação foi fixada em velocidade constante de 10 mm/min e precisão de $0,1\text{ N}$.

Na Figura 32, os corpos de prova preparados para os ensaios (A) realização do ensaio de arrancamento de parafuso de topo (B), e a realização dos ensaios com aplicação de força por tração na realização do ensaio de arrancamento de parafuso de face (C).

Figura 32. Corpos de prova e ensaios de arrancamento de parafuso topo e face.



Fonte: Acervo do Acervo do Autor

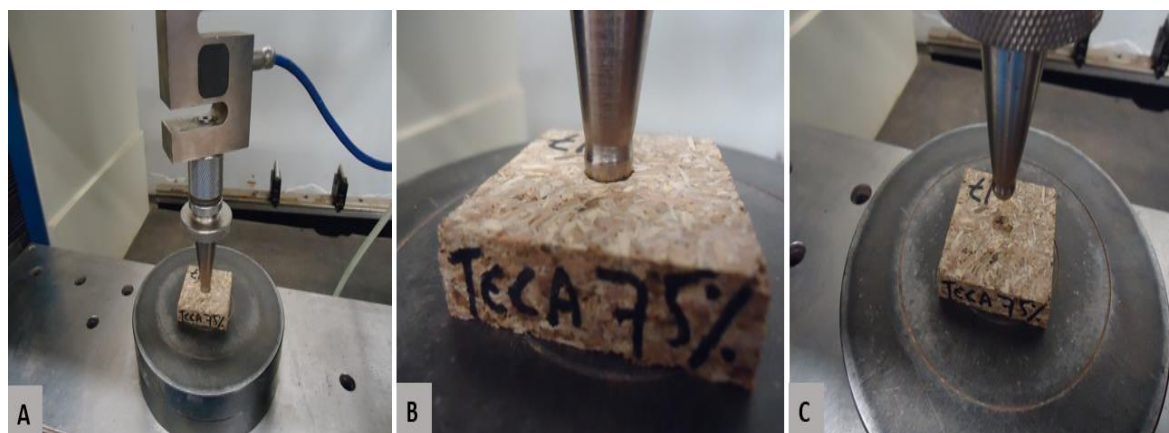
4.8.5. Determinação da Resistência a Dureza Janka

O ensaio de dureza Janka, consiste basicamente na aplicação de força de maneira controlada, via máquina de ensaios EMIC 3000 com um suporte com uma esfera que atua na compressão da superfície testada, onde essa esfera é pressionada ao centro do corpo de prova até a metade de seu diâmetro. Esse ensaio visa testar a resistência exercida pelo painel a esse esmagamento de superfície com resultados em MPa.

A penetração da esfera medindo 11,3 mm de diâmetro já acoplada na máquina universal EMIC se dá bem centro de cada amostra, até uma profundidade de aproximadamente 5,65 mm, com uma compressão constante de 6 mm/min, essa leitura de esforço é coletada pelo sistema de aquisição do próprio equipamento de ensaios e seus resultados expressos em MPa (MegaPascal).

Para realização deste ensaio, foi necessária a utilização de 50 corpos de prova, contando com 10 peças de cada traço de painel produzido, todos medindo 50x50 mm e todos sendo posicionados sob uma plataforma maciça a fim de impedir que ocorra o deslocamento superficial de material posicionado fora da região de análise ou regiões opostas ao local de aplicação de força da esfera de ensaio no corpo de provas, como é possível visualizar na Figura 33.

Figura 33. Ensaio de Dureza Janka



Fonte: Acervo do Autor.

4.9. MICROTOMOGRAFIA DE RAIOS X

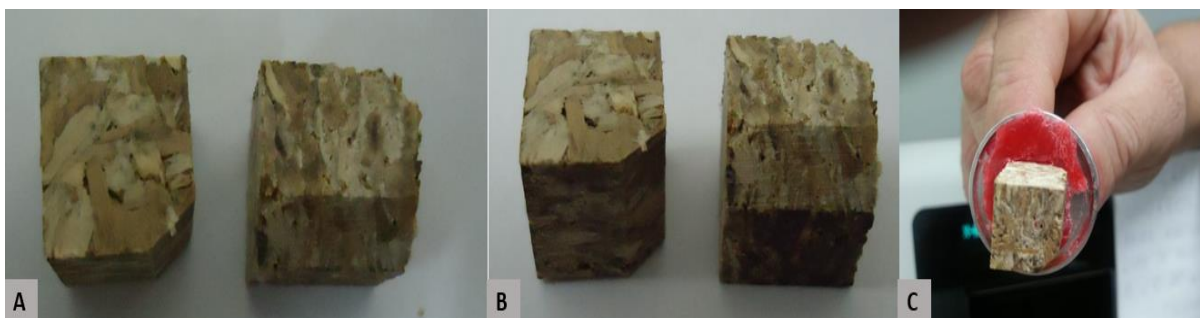
Os ensaios realizados com Microtomografia e raios X foram realizados nos laboratórios da Universidade estadual de Campinas (UNICAMP), do Centro de Microscopia e Imagem (CMI) da faculdade de odontologia de Piracicaba-SP, onde se encontra um microtomógrafo modelo SkyScan 1174 de fabricação Belga, equipamento este contendo potência nuclear de 20 a 50 Kv e 800 uA, corrente de potência de 100-240 volts e 50-60 Hz.

O © SkyScan 1174 foi desenvolvido para ser um micro-CT compacto de mesa, para uso em aplicações científicas, industriais, biomédicas e controle de qualidade de produtos, possuindo uma fonte de raios X selada em uma armadura de metal-cerâmica propiciando uma longa vida útil ao equipamento. O Scanner possui uma fonte de alimentação raios X microfoco que funciona no lado direito do equipamento, gerando uma carga que vai de 20 a 50 kV, de 0 a 800µA, também acoplada a uma câmera CCD de 1,3 Megapixel no lado oposto a fonte do scanner e funciona por conexão FireWire capaz de enviar fluxo de vídeo ao PC sem a necessidade de uma placa integrada.

Deste modo, a câmera adquire as imagens de uma fina tela por cintilação que é projetada por macrolentes automatizadas de alta resolução, permitindo assim a ampliação do sistema usando uma geometria estática de raios X (BRUKER, 2020). Dentro desses parâmetros, foram preparadas 10 amostras, sendo duas de cada traço de painel a fim de serem submetidas a análises de reconstrução tridimensional a fim de encontrar definidos de estrutura de cada painel, direcionamento de partículas e possíveis defeitos estruturais na fixação dessas partículas e o adesivo aplicado.

Cada amostra possui corte padrão de 50x50 mm e chanfro reto em uma das faces a fim de servir de ponto de referência para a fixação das peças no scanner como representado na Figura 34 A e B. A fixação do corpo de prova no prato defletor com diâmetro de 150 mm é feita com ajuda de uma cera especial para fixar o corpo de prova no prato, e para ser de fácil remoção durante o processo, conforme é possível visualizar na Figura 34 C.

Figura 34. Vista em cortes das amostras e fixação no prato defletor



Fonte: Acervo do Autor

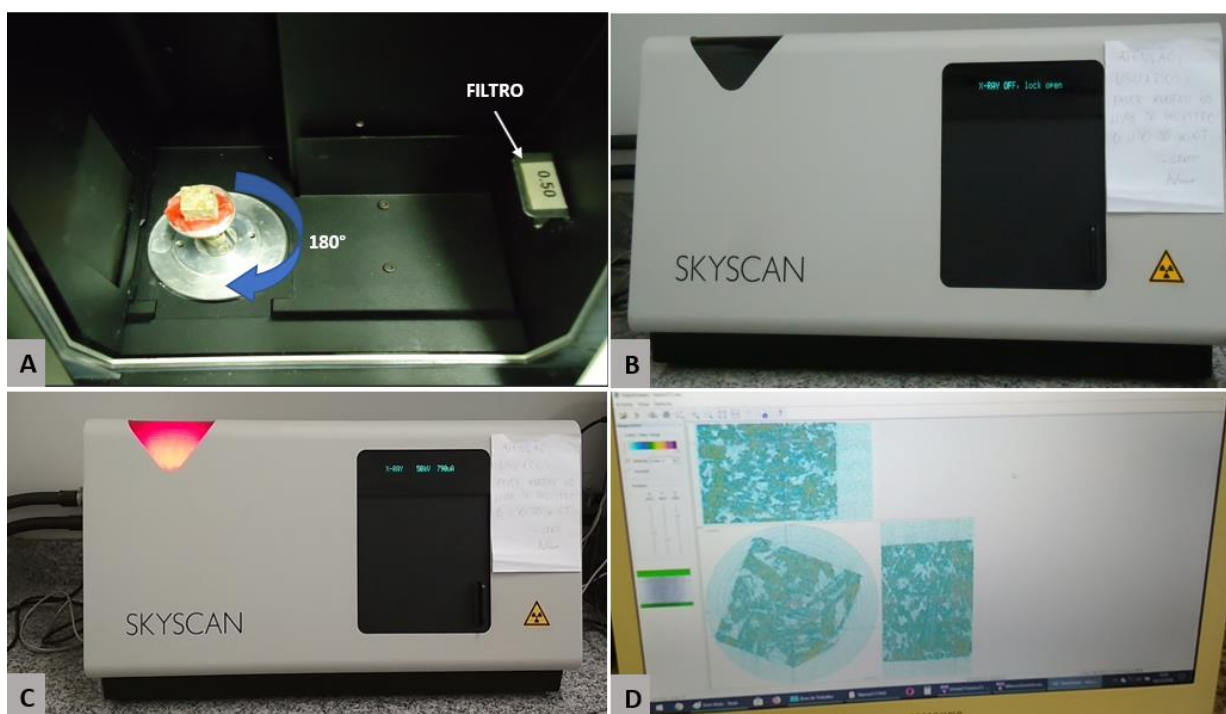
A preparação do ensaio de microtomografia requer uma série de etapas que devem ser seguidas à risca a fim de se obter o máximo de desempenho possível das amostras, uma vez que são ensaios caros e demorados, e dependem também da quantidade de passos que deseja e o grau de refinamento e qualidade que precisa obter de uma determinada amostra.

O trabalho de verificação dos painéis aglomerados de Tc e Cc não precisaram de muitos passes, uma vez que o espaçamento e vazios internos permitem a penetração e difração dos raios gama com maior facilidade. As amostras foram fixadas as mais alinhadas possíveis e o filtro usado no scanner foi de 5,0 mm em alumínio, com rotação máxima da plataforma giratória em 180°, com passos de rotação de 0,7° e duração média de 30 a 40 minutos por ensaio. O manipulador de objetos faz a regulagem e colocação do objeto na posição ideal, podendo este deslocar em até 50 mm de curso, girando o objeto para adquirir as projeções de sombra até que o escaneamento de feixes consiga reconstruir a imagem tomográfica da peça por completo.

O corpo de provas pode ser deslocado para fora do feixe a fim de se obter referências do plano de campo onde está posicionado, o estágio de amostragens produzida no equipamento permite ainda investigar e analisar por controles de estágios opcionais, amostras sob efeitos de compressão, tensão e arrefecimento entre outros (© SkyScan, 2009). Outro detalhe importante para efetuar todos os procedimentos pré-ensaio é que uma vez iniciado o ensaio, este não pode mais interrompido, exceto pelo próprio sistema ao detectar alguma falha de coordenada, desativa o feixe antes que o equipamento conclua o escaneamento.

Desta forma, nem mesmo a porta de acesso à câmara pode ser aberta antes que o sistema possa resetar o ensaio, com o risco de danos ao dispositivo ou o software vir a apresentar falhas nos testes posteriores. Na Figura 35 é possível verificar o posicionamento da amostra dentro da cabine de escaneamento e o filtro de alumínio 5 mm (A), o scanner fechado aguardando comando para iniciar a operação (B), o scanner em funcionamento com acionamento da luz da câmara de raios X (C), e a reprodução da imagem em 3 vistas da peça já escaneada (D).

Figura 35. Fases de preparação e escaneamento por microtomografia de raios X



Fonte: Acervo do Autor

Estes objetos serão projetados nas referências X, Y e Z, também denominadas no equipamento como coordenadas trans axial ou transversal nas coordenadas XY, cujo corte do elemento analisado se faz de baixo para cima ou vice-versa, coordenada coronal nos sentidos frente e verso do objeto ou eixo YZ e coordenada sagital, como uma leitura de escaneamento da esquerda para a direita ou vice-versa cobrindo um eixo XZ, fazendo com que o todo o objeto ou o indivíduo contido dentro do equipamento seja totalmente mapeado ponto a ponto.

Os programas utilizados para geração tridimensional são o Nrecon, Nrecon Server CTAn e DataViewer, e estes efetuam o processamento das imagens, adquiridas após o escaneamento, onde estas podem ser armazenadas ou renderizadas no próprio sistema, o SkyScan fornece uma gama de softwares próprios, que fazer a leitura e filtragem das imagens. Cada amostra gerou em medias de 490 a 900 microfotografias, que serão a base para a reconstrução dos painéis tridimensionais com o uso dos programas NRecon e NreconServ para efetuar a conversão desse agrupamento e facilitar a utilização dos demais programas e softwares capazes de reproduzir a imagem 3D das peças a fim de verificação estrutural de cada composição nos 5 traços de painel fabricados.

As projeções são representadas por imagens bidimensionais e tridimensionais extraídas de todos os painéis produzidos, de T1 a T5 e cuja captura de imagens focou principalmente a demonstrar as diferenças ente cada um, mesmo que estes não consigam mostrar de forma detalhada todas as imagens reconstruídas via Nrecon, Data Viewer e CTAn. Obviamente a demonstração 3D traz com perfeição todos os detalhes quanto espaçamento, falhas ou defeitos e demais informações dos materiais analisados como serão descritos de forma detalhada aqui.

4.10. ENSAIOS DE MICRODENSITOMETRIA

O ensaio de Densitometria por raios X foi realizado no Laboratório de Anatomia, Identificação e Densitometria de raios X em Madeira da ESALQ, em Piracicaba-SP, , cujo objetivo principal é voltado para a análise da anatomia, qualidade e identificação da madeira; defeitos do lenho; anéis de crescimento em processos de análise por raios X entre outras atividades ligadas a manejo e práticas silviculturais da madeira.

As 50 amostras selecionadas para o ensaio de Densitometria por raios X foram primeiro separadas e armazenada durante 72 horas em uma estufa em sala climatizada para normalização e estabilização de temperatura em 20° C e teor de umidade de todas as amostras estabelecido em 12 %, com a finalidade de garantir estabilidade do material, precisão e confiabilidade na aquisição dos dados.

Os equipamentos utilizados foram um microdensitometro da marca QMS modelo QDP 01-X com câmara interna blindada para funcionamento em voltagem de 10 a 50 KV e corrente de 1,5 mA, atuando em colimação do feixe inicial de 180 μm e final em 90 μm e um computador com o programa de software Quintek Measurement Systems (QMS). Na Figura 36, detalhes do microdensitômetro em processo de calibragem (destaque para as lâmpadas de acionamento) antes de se iniciar os ensaios de análise.

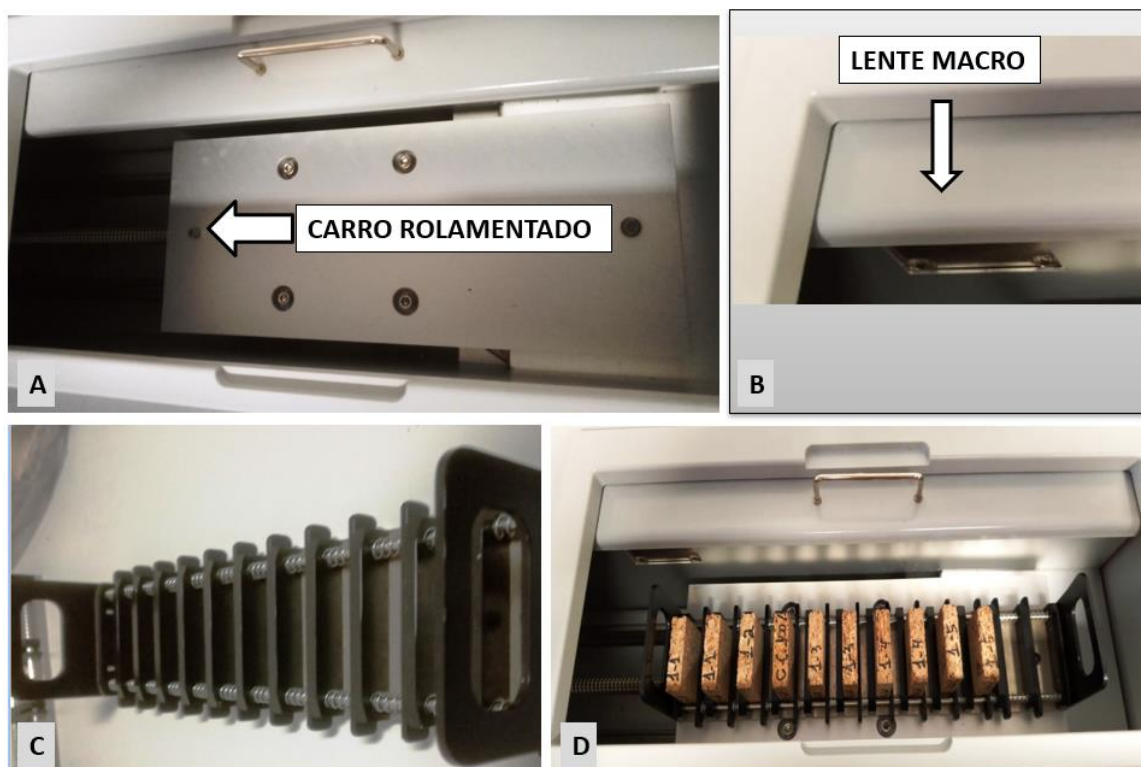
Figura 36. Detalhe do microdensitômetro QDP 01-X



Fonte: Acervo do Autor

O porta amostras utilizado possui capacidade para até 12 corpos de prova perfilados, presos a suportes com mola para fixação das peças, que nesse estudo em questão, foram acopladas as 10 peças de cada tratamento de T1 a T5, todos com medidas de 50 x 50 mm e com espessura máxima variando de 11 a 12,5 mm, em destaque na Figura 37 o carro (A) a lente do feixe (B) e os suportes de amostras (C,D).

Figura 37. Calibração do densitômetro, carro rolamentado e suporte de ensaios



Fonte: Acervo do Autor

O início dos ensaios ocorre com o teste dos equipamentos e a calibração do microdensitômetro por até 30 minutos, até que o reator gama que alimenta o sistema de feixe esteja aquecido e estável, e que será projetada pelo cabeçote da lente do bloco do feixe, disparando sequencialmente doses totais de feixes de raios X colimados através das amostras fazendo uma varredura das seções transversais em intervalos 0,02 mm/steps (pés por segundo) ou 20 μm de distanciamento linear por passo, onde uma fração dessa irradiação é atenuada nas peças.

A maior parte dessa irradiação de feixe que atravessa as amostras é captada e analisada por um detector de cristal, sendo convertida imediatamente pelo software QMS que atua pelos parâmetros da equação 10, logo abaixo:

$$\frac{I}{I_0} = e^{-\mu_1 t} = e^{-\mu m \rho t} \quad (10)$$

Em que:

I = intensidade de radiação que transpassa o corpo de prova
 (total de fótons por unidade de área por unidade de tempo);
 I_0 = intensidade de radiação que ficou retida no corpo de prova;
 μ_l = coeficiente de atenuação linear do material (cm^{-1});
 μ_m = coeficiente de atenuação da massa do material (cm^2/g);
 ρ = densidade do material (g/cm^3);
 t = espessura do corpo de prova;
 e = logaritmo de base natural.

Dessa forma, a aquisição dos dados segue o sistema de deslocamento do feixe em todas as áreas determinadas para projeção, que após a passagem do feixe colimado e captação dos dados, que podem ser acompanhados na tela. O sistema de aquisição capta, processa e converte estes dados para uma leitura precisa de parâmetros como as densidades média, mínima e máxima gerando os gráficos de trabalho com detalhamento de pontos e densidades locais em cada ponto detectado a fim de gerar um o gráfico de densidade por distanciamento em μm .

Os valores já captados são submetidos ao processamento via programa QMS Density Profile, versão 2.03 USB, onde serão gerados os gráficos finais de densidade para serem avaliados. Foram selecionadas 5 zonas principais em cada peça para a amostragem das várias densidades por passo de leitura, dando a imagem gráfica perfeita de cada peça e se sua estrutura está dentro dos parâmetros usuais de fabricação, onde são tidos como ideal a formação gráfica em formato de M maiúsculo, sendo que se considera assim por vários estudos a densidade maior nas extremidades e o miolo ou parte interna menos densa como referência.

Os dados de cada ensaio são processados e compilados no programa Density profile, onde são gerados arquivos em DAT e XPS para a utilização como parâmetros de comparação e apresentação dos gráficos finais de cada ensaio individualmente e também a cada bateria de ensaios, seja ele com 5, 10 ou 12 amostras, é gerado um novo gráfico com as medias e medianas e desvio padrão de cada bateria de ensaios. O grau de confiabilidade neste caso supera os ensaios físicos pois trabalha dentro de parâmetros de equilíbrio das peças submetidas a climatização em laboratório.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Dentro do fundamento em que se inserem os resultados e discussões do trabalho realizado, e sabendo ser preciso justificar a ideia de construir os painéis aglomerados de *Tectona grandis* e *Corymbia citriodora*, levamos em consideração todos os detalhes referentes à separação de matéria prima até a fabricação das peças, e os cuidados necessários para a realização dos ensaios físicos e mecânicos e a análise estatística dos resultados, a fim de estabelecer uma linha de raciocínio que consiga desvendar o comportamento dos painéis fabricados e obter a coerência dos valores obtidos e comparados com trabalhos semelhantes e a norma vigente como estabelecidos nas normas NBR 14810-2 (2013).

Como ferramentas de comparação e análise estatística de dados, foram adotados as comparações via planilha gerada em Microsoft Excel 2016, onde a planilha construída como fonte de armazenamento de todos os dados e formulas contidas na NBR 14.810-2 para ensaios físicos e mecânicos, onde se procurou seguir fielmente a interpolação de dados para cada ensaio a ser comparada com a ferramenta de análise de dados Anova Fator Único para a captação de grupos, somas, médias e variâncias, além das análises de comparações entre grupos dentro dos grupos e captação de valores como SQ, gl, MQ, F, valor -P e o F crítico.

Todos esses valores obtidos em todos estes ensaios físicos e mecânicos após o processo estão configurados em planilhas TXT que podem ser convertidos em dados e calculados pelas plataformas de cálculo Microsoft Excel e Minitab 16, para a geração dos gráficos e construção dos ensaios de Tukey para análise de variância e os gráficos gerados servem de apoio para a produção dos resultados que serão discutidos a seguir. Outra ferramenta de comparação de dados utilizada foi o Minitab versão 16.1.1 com valores mínimos, médios, máximos e desvio padrão com uso da ferramenta Tukey com nível de confiabilidade determinada em 95%. Fator importante em ressaltar que os dados apresentados nas duas ferramentas. A construção das planilhas seguiu o cronograma dos ensaios realizados onde a compilação dos valores unitários compilados e interpolados junto as fórmulas de conversão estão todos vinculados a valores estabelecidos junto as normas utilizadas neste trabalho.

5.1. RESULTADOS DOS ENSAIOS FÍSICOS

Dentro da gama dos ensaios físicos aplicados e analisados nesse trabalho, estão os ensaios específicos da ABNT NBR 14810-2(2013) para avaliação dos painéis desenvolvidos para densidade básica por método gravimétrico dos corpos de prova, o teor de umidade das peças, a avaliação de inchamento em espessura e absorção de água em 24 horas, onde todos os corpos de prova utilizados foram cortados e preparados com dimensões de 50 por 50 mm. O objetivo principal nestes ensaios é a análise detalhada do processo e a coleta dos dados a fim de comparar o comportamento de cada traço produzido, tendo na sua composição partículas de *Tectona* e *Corymbia*. Os gráficos e planilha de cálculo complementares desses ensaios encontram-se nos Apêndices para ensaios físicos de A à D.

5.1.1. Determinação de Densidade dos painéis

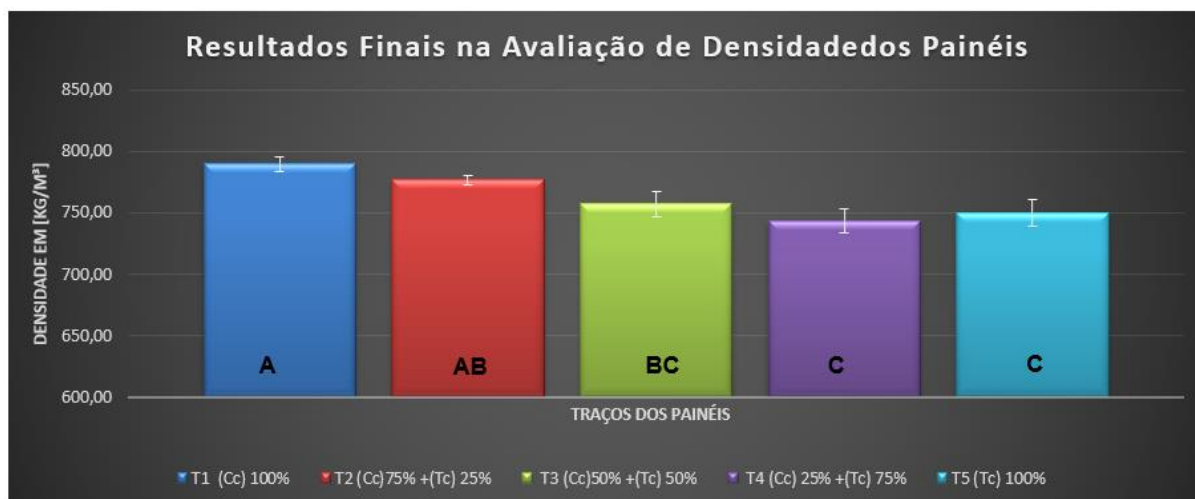
No método de extração da densidade básica obtida através do método gravimétrico com a medição e aferição por balança digital de precisão, paquímetro digital e micrometro digital foi possível avaliar que todos os painéis construídos ficaram dentro do limite médio para painéis aglomerados construídos, conforme NBR 14810-2 (2013).

O painel T1 contendo 100% *Corymbia* obteve uma densidade máxima captada em 789,67 kg/m³, T2 com 776,58 kg/m³ e T3 contendo 50% *Corymbia* e 50% de partículas de teca. O painel T4 ficou com a menor densidade medida dentre os cinco traços avaliados, em 743,31 kg/m³, enquanto (T5) obteve densidade média ideal ao escolhido como referência, com 749,93 kg/m³.

Apesar da variação dentro da mesma bateria de ensaios, os valores estabelecidos via anova para -P em 0,0000009241 e F crítico em 2,5787, mostram um conjunto de variação bastante equilibrado, uma vez que a densidade desejada para este trabalho foi estabelecida em 750 kg/m³, ao levar se em consideração os limites máximos e mínimos e tolerâncias exigidos por norma os painéis atenderam bem as especificações de projeto dos painéis com 100% *Corimbia citriodora*.

Os valores médios para densidade dos painéis, gerados pela interpolação dos dados e análise estatística estão representados graficamente na Figura 38.

Figura 38. Resultados para a Densidade Básica dos Painéis



Fonte: Acervo do Autor

Para os valores gerados via Minitab, os grupos de Tukey definidos se mostraram bastante diversificados, tendo cada traço de painel em um agrupamento diferente, com T1 isolado no grupo A, T2 no grupo AB e próximo de T3 que por sua vez pertencente ao grupo B, ligeiramente interligado ao painel T4 no grupo BC, enquanto o painel T5 ficou isolado no grupo C.

Para Iwakiri (2005), a influência da densidade na qualidade das chapas ou no processo produtivo é significativa, onde as chapas de partículas produzidas com espécies de baixa densidade podem apresentar maior resistência à flexão, resistência a tração, adesão interna, módulo de elasticidade por apresentarem maior colagem das partículas, se comparadas as chapas produzidas com espécies de alta densidade, onde a condição para que essa chapa de maior densidade obtenha as mesmas condições de resistência de uma chapa de menor densidade está diretamente ligada ao aumento da densidade da chapa, gerando assim chapas maiores e mais pesadas para o mesmo nível de resistência. No caso desse estudo, a possibilidade de se fabricar os painéis com densidade de 800 Kg/m³ certamente supririam essa limitação quanto ao enquadramento aos ensaios aplicados.

5.1.2. Avaliação do Teor de Umidade

Quanto aos valores médios obtidos nos ensaios de Teor de Umidade (TU) dos painéis, quando interpretado todos os resultados obtidos, foi possível notar que os painéis T5, contendo 100% das partículas de teca foram os que apresentam o maior índice dos teores de umidade dentro do painel de partículas em relação aos demais painéis estudados com um valor médio de 9,47 %, seguido de T4 contendo 8,90 % e T1 com 8,61 % de umidade. T3 obteve média de índices de teor de umidade em 8,54% e o painel que apresentou menor teor de umidade entre os cinco traços avaliados foi o painel T2 contendo 25% de partículas de teca e 75% de partículas de Corymbia, com teores por volta dos 8,36%. Essa projeção de teores de umidade no painel aglomerado desse acúmulo de umidade na região estrutural interna pode estar ligada diretamente ao acúmulo de água dentro das fibras ou partículas de forma anisotrópica, que torna difícil a extração definitiva dessa água, mesmo com aplicação de aquecimento. Os valores médios apresentados no gráfico da Figura 39 com valores para teores de umidade em função dos traços de painéis estudados expressos em porcentagem. Desse modo todos ficaram dentro do especificado na recomendação da norma NBR 14810-2 (ABNT 2013b) para valores de teor de umidade entre 5 e 13 % para painéis aglomerados como os testados nesse projeto.

Figura 39. Teores de umidade de cada painel



Fonte: Acervo do Autor

Na variação de Anova os valores gerados para -P foram de 0,019825582 e F crítico ficou em 2,578739 e com fator de confiabilidade individual de 99,33%. A relação dos grupos de Tukey gerados com o Minitab 16.1 determinam um agrupamento muito próximo sem uma variação expressiva, com todos no grupo A. Com relação ao desvio padrão, esse caso todos os painéis ficaram muito próximos em valores médios, ficando todos os traços correlacionados entre si.

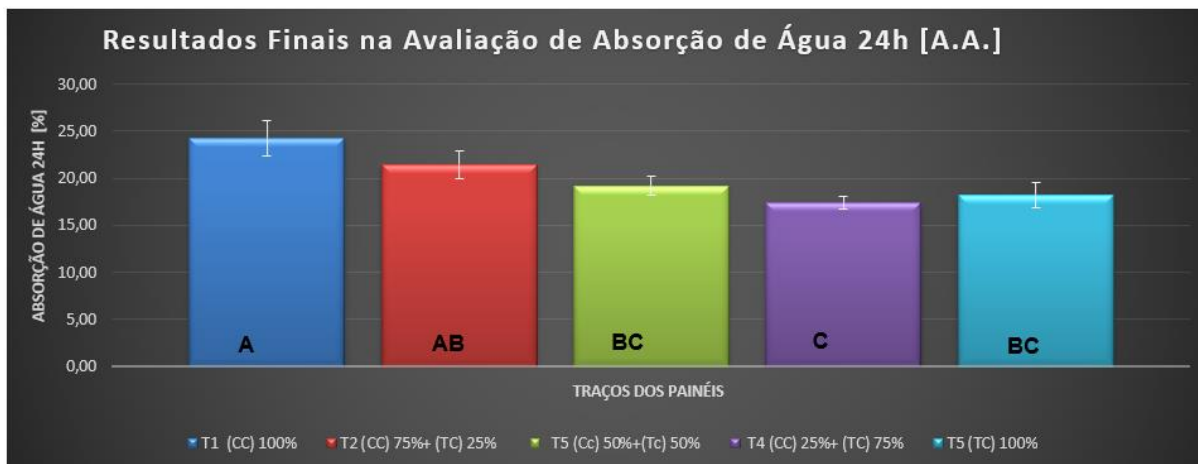
5.1.3. Absorção de Água 24 horas

Os resultados para o ensaio de absorção de água (AA), dos painéis aglomerados de *Corymbia* e teca, foi possível notar que alguns estão dentro do padrão aceitável dos 18% ou muito próximos da margem de tolerância definidos na NBR14810-2 (2013), nos valores médios obtidos nos painéis T4 com 17,44% e T5 com 18,22% e T3 com 19,9% estão dentro da especificação.

Dos painéis que mais saíram das margens de tolerância da norma e que mais absorveram água em 24 horas, o painel T1 contendo 100% de partículas de *Corymbia* obteve 24,26% e o T2 contendo 75% de partículas de *Corymbia* e 25% das partículas de teca com 21,40%, superassem gradativamente os valores considerados ideais, dando a entender que essa maior absorção pode estar relacionada a uma capacidade maior de absorção de água por parte das partículas da *Corymbia citriodora*, uma vez que esses dois painéis também tiveram apresentaram visualmente maior espaçamento entre partículas e espaços em vazio dentro do painel aglomerado, onde a imperfeição contida na estrutura gerou grandes espaços entre partículas ao longo do painel aglomerado, ideais para concentração de água.

Na variação de Anova os valores gerados para -P 0,0000033250 e F crítico ficou em 2,578739, com fator de confiabilidade individual de 99,33%. A relação dos grupos de Tukey gerados com o Minitab 16.1. com relação aos valores de grupos gerados por Tukey no Minitab 16.1, o agrupamento se mostrou bastante diversificado, ficando T1 no grupo A, T2 pertencendo ao grupo AB, T3 e T5 no grupo BC e por fim T4 que ficou ajustado no grupo C conforme descrição no gráfico da Figura 40.

Figura 40. Resultados para avaliação da absorção de água



Fonte: Acervo do Autor

Pela análise dos resultados obtidos no ensaio físico de absorção de água seguindo os procedimentos da NBR 14810-2(2013), o maior o teor de *Corymbia citriodora*, ou podendo ainda estar relacionados com o maior número de espaços vazios entre as partículas após a compactação, mais absorvente foi o material analisado, onde T1 contendo 100% *Corymbia* e T2 contendo 75% de partículas de *Corymbia* estão entre os traços quem mais absorveram água em um período de 24 horas. Resultados obtidos se assemelham e muito com os valores encontrados por Negrão et. al. (2014), nos ensaios para a produção de painéis aglomerados utilizando resina PU- mamona, seguindo as normas NBR 148910-2 (2006) e CS236-66 com valores de absorção de água amplamente inferiores aos obtidos com uso de resina ureia-formaldeído e Purbond, onde os valores aferidos foram de 20,07 % para PU- mamona, 69,46% para o painel fabricado com UF e 84,88% nos valores de absorção nos painéis utilizando Purbond.

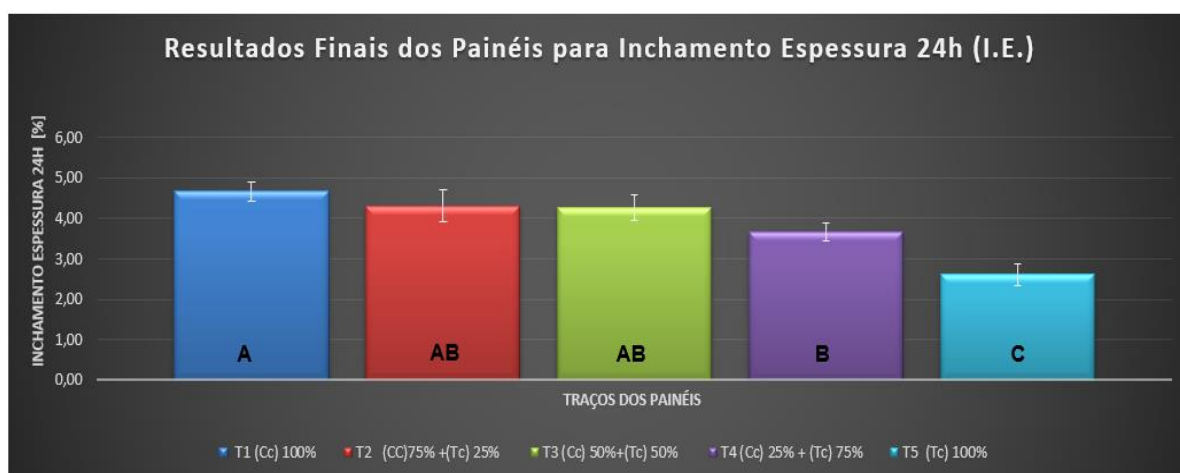
5.1.4. Inchamento em Espessura em 24 horas

Nos ensaios de inchamento em espessura (IE) e possível notar nos valores e dos ensaios de inchamento em espessura em 24 horas mostraram um painel bastante promissor em todos os ensaios realizados e à medida que se adicionou partículas de teca na composição dos painéis.

Os valores captados para inchamento dos painéis foram diminuindo gradativamente. Dessa forma o painel T1 apresentou maior aumento dimensional com 4,61%, enquanto T2 e T3 permaneceram praticamente estáveis com 4,31 e 4,27% respectivamente, onde T4 ficou com média de 3,66% e as médias do T5 nos menores valores aquisitados, com 2,61% de deformação por inchamento ao longo da espessura dos corpos de prova analisados como destaque na Figura 42.

A estabilidade dimensional pode ser explicada pela ação da resina poliuretana de mamona, com ampla capacidade de inibir a absorção de água. Em comparação com os valores obtidos por Iwakiri et. al. (2012), com relação a valores médios de inchamento em espessura, os valores mínimos notados para madeira de Louro obtiveram 10,97% e valores máximos de inchamento para a Virola ficando em 22,37%.

Figura 41. Dados de ensaios de Inchamento em Espessura



Fonte: Acervo do Autor

Para Negrão et. al. (2014), nos valores de inchamento em espessura 24 horas, no que diz respeito à resistência ao inchamento do material, os resultados apontam para superioridade de tendo nos painéis contendo as misturas de quatro espécies de madeira, os painéis construídos com resina Poliuretana à base de mamona representam valores em torno de 9,35% de seu inchamento superficial, ante 15,56% dos painéis fabricados com resina Ureia-Formaldeído e dos 38,40% nos painéis fabricados com resina Purbond.

5.2. RESULTADOS DE ENSAIOS MECÂNICOS

Para este tópico envolvendo os resultados dos ensaios mecânicos, foram seguidos ao todo sete ensaios que constam na NBR 14810-2 (2013), sendo descrito em detalhes a cronologia de realização destes ensaios utilizando a máquina universal EMIC 3000, que expressou os valores em MegaPascal e Newtons, lembrando que no sistema internacional 1MPa equivale a 1N/mm². As planilhas de cálculo e gráficos complementares encontram-se nos Apêndices de E à J.

- Resistência a flexão estática e módulo de ruptura (MOR);
- Resistência a flexão estática e módulo de elasticidade (MOE);
- Resistência a Tração perpendicular;
- Arrancamento de parafuso da face;
- Arrancamento de parafuso de topo;
- Resistência a Tração superficial,
- Dureza Janka.

5.2.1. Resistência a flexão estática e módulo de ruptura (MOR)

Os ensaios Resistência a flexão estática (MOR) e módulo de elasticidade (MOE) na condição de flexão estática foram realizados em 5 baterias de ensaios para cada situação (MOR e MOE), que basicamente consistem no ancoramento ou engastamento das peças de 300 mm de comprimento por 50 mm de largura em uma base fixa com 250 mm entre os dois engastes inferiores e o engaste superior localizado ao centro da peça a ser testada para aplicação de uma carga continua progressiva do sistema no cabeçote até a realização da ruptura parcial do material através de aplicação dessa carga medida em MPa.

Na definição dos resultados de MOR, representados na Tabela 4, é possível comparar os melhores resultados entre os painéis T4 contendo 75% teca e 25% Corymbia com 14,06 MPa e o painel T4 com 50 % de cada espécie de madeira apresentando valores médios de 14,02 MPa, seguidos de T5 com 100% teca e 12,51 Mpa conta T2 com 11,84 MPa. E por último T1 com 9,01 Mpa.

Tabela 4. Resultados do Módulo de Ruptura na Flexão Estática

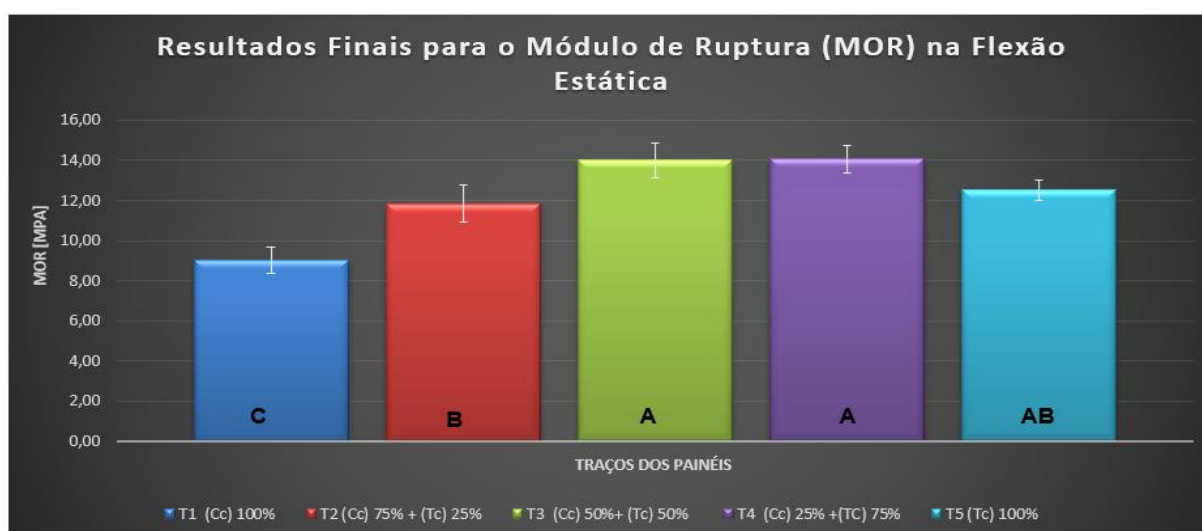
Resultados	T1 (Cc) 100%	T2 (Cc) 75% + (Tc) 25%	T3 (Cc) 50%+ (Tc) 50%	T4 (Cc) 25% +(TC) 75%	T5 (Tc) 100%
Máximo	11,18	15,15	17,51	16,06	14,51
Média	9,01	11,84	14,02	14,06	12,51
Mínima	7,46	9,35	10,76	12,35	10,58
Desvio Padrão	1,27	1,83	1,74	1,36	1,04

Fonte: Acervo do Autor

Os resultados coletados no Painel contendo 100 % *Corymbia citriodora* ficou abaixo do valor estabelecido pela norma NBR14810-2 (2013) que é de 11 MPa, e estando bem abaixo dos valores apresentado pelos demais painéis, que foram produzidos com alguma mistura de *Tectona grandis* em sua constituição.

Os resultado pode representar as características da teca, descritas na literatura, como boa resistência mecânica e flexibilidade das partículas, além de resistência mecânica quanto ao esforço para resistir a rupturas frágeis que podem ser o principal indicador da ocorrência de colapsos prematuros dos painéis contendo 100% *Corymbia*, que por serem um pouco mais densas, geraram painéis com espessura menor e com graus de espaçamentos maiores entres as partículas e a resina poliuretana se comparados com os demais painéis particulados produzidos, na Figura 42

Figura 42. Resultados de Resistência a flexão estática (MOR)



Fonte: Acervo do Autor

Na análise por Anova, os valores de -P 0,0000000015 e F crítico em 2,578739 com grau de confiabilidade individual em 99,33 % deixam claro que os resultados estão coerentes com os valores captados e com relação aos ensaios de Tukey, a distribuição dos grupos não foi totalmente uniforme, sendo distribuídos no grupo A os traços T3 e T4, no grupo AB o painel T4, no grupo B o traço T2, e por fim e isolado no grupo C o painel T1.

5.2.2. Resistência a flexão estática e Módulo de elasticidade (MOE);

Quanto aos resultados via módulo de elasticidade na condição de flexão estática seguindo a mesma linha de coleta de dados gerados na EMIC, é possível notar as condições idênticas quanto à ruptura da condição elástica dos CPs, onde os melhores resultados quanto ao desempenho para módulo de elasticidade foram coletados na análise do painel 75% teca T4 com 2145 Mpa, seguido do painel T3 com 50% *Corymbia* e 50% teca chegando a 2205 MPa, tendo logo em seguida os valores dos painéis T5 com 100% *Tectona* e o painel T2 com valores para MOE de 1929 MPa, como é possível verificar na Tabela 5.

Tabela 5. Módulo de elasticidade na condição de flexão estática

Resultados	T1 (Cc) 100%	T2 (Cc) 75% + (Tc) 25%	T3 (Cc) 50%+ (Tc) 50%	T4 (Cc) 25% +(TC) 75%	T5 (Tc) 100%
Máximo	2174,00	2421,00	2679,00	2448,00	2304,00
Média	1738,40	1929,00	2205,00	2145,00	1996,00
Mínima	1426,00	1654,00	1866,00	1943,00	1736,00
Desvio Padrão	262,30	244,60	220,00	163,20	190,50

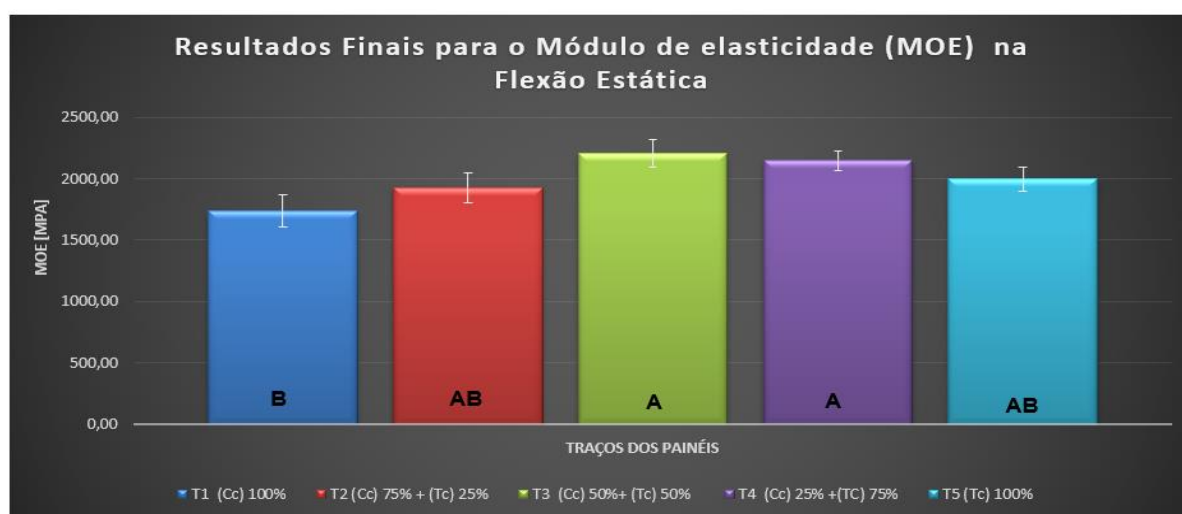
Fonte: Acervo do Autor

Os piores resultados registrados foram nos painéis 100% *Corymbia*, cujos resultados médios estiveram entre 1738 MPa, um pouco abaixo o limite de 1800 MPa requisitados pela NBR 14810-2 (2013), mas ainda assim, consta dentro do limite tolerável de 50 MPa para mais ou para menos estabelecido em norma, que o torna aceitável, mas com ressalvas. Quanto aos valores coletados pela estatística Anova, os valores de -P e F crítico foram de 0,000159395 e 2,578739 respectivamente, mantendo o grau de confiabilidade individual dentro dos 99,3%

Com relação aos grupos gerados em Tukey, foi possível notar a geração de três grupos distintos, com T3 e T4 alocados no grupo A, T2 e T5 no grupo AB e no grupo B ficou o painel T1 com 100% de *Corymbia* em sua composição. Mais uma vez, os painéis contendo alguma proporção de *Tectona grandis* em sua composição resistiram um pouco mais do que o painel contendo somente *Corymbia citriodora*.

Essa condição indica que a adição de teca fez com que o painel resistisse mais a uma carga maior, e essa resistência foi aumentando gradualmente, conforme se adicionou mais partículas de teca ao material dos painéis, só voltando declinar levemente no painel com 100% de partículas de teca, como pode ser comparado olhando os dados de módulo de elasticidade expressos em MPa no gráfico da Figura 43.

Figura 43. Resultados Módulo de elasticidade na tração estática (MOE)



Fonte: Acervo do Autor

Os valores de MOR e MOE representados nos trabalhos de Negrão et.al. (2014), destacam os valores para o uso de resina PU a base de mamona com valores de 19 MPa nos módulos de ruptura e 1581 MPa quanto aos módulos de elasticidade enquanto que os valores constatados dentro da mesma pesquisa, retratam valores de 27 MPa para resina UF e 19 MPa com resina de Purbond para ensaios de MOR, além de 3307 MPa e 4500 MPa respectivamente para ensaios de MOE.

Nos ensaios dirigidos por Sanches et.al. (2016), ao trabalhar com 4 espécies de madeira na produção de painéis monocamadas e multicamadas, os valores mínimos e máximos de MOR variaram entre 6,19 MPa no painel misto com Bracatinga e Eucaliptus, atingindo valores máximos com o painel contendo 100% Pinus, com valores de 10,10 MPa, seguindo a mesma tendência de mínimas e máximas em MOE.

5.2.2. Resultados dos ensaios de Tração Perpendicular

Os valores coletados nos ensaios de tração perpendicular, onde o corpo de provas é submetido a ação de tração com o arrancamento dos suportes metálicos afixado em ambas as faces do corpo de prova preparado, cujo esforço contínuo vai tracionando até que haja uma ruptura capaz de separar completamente os dois componentes, os resultados colocam T3 contendo 50% de partículas de teca e 50% de partículas de *Corymbia citriodora* com os melhores resultados médios, variando em torno de 2,61 MPa, seguidos de T4 com 2,55 MPa e T5 com 2,27 MPa. Os valores de T2 contendo 25% de partículas de teça e 75% de partículas de *Corymbia* resultou em 2,06 MPa e os painéis com 100% *Corymbia* com 1,55 MPa, todos estão dentro do solicitado na NBR 14810-2 (2013), cujos valores estabelecidos são de 0,4 N/mm² ou 0,4 MPa enquanto que os ensaios com menores valores foram bastante superiores a 1,0 MPa ou 1 Newton/mm², valores estes, reproduzidos na Tabela 6.

Tabela 6. Resultados do Ensaio de Tração Perpendicular

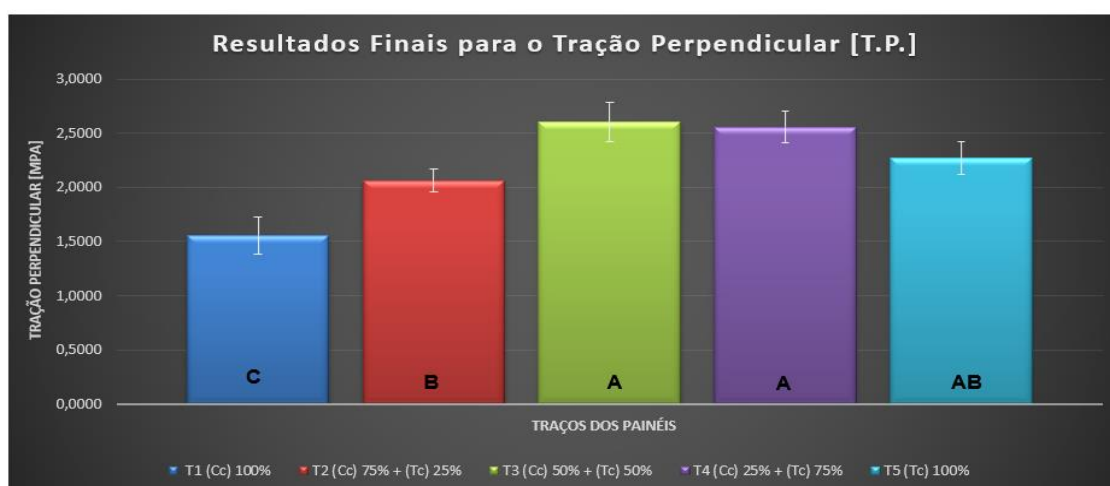
Resultados	T1 (Cc) 100%	T2 (Cc) 75% + (Tc) 25%	T3 (Cc) 50% + (Tc) 50%	T4 (Cc) 25% + (Tc) 75%	T5 (Tc) 100%
Máximo	2,0730	2,3990	3,4590	3,0390	2,8200
Média	1,5510	2,0640	2,6060	2,5580	2,2710
Mínima	0,9793	1,6840	2,1190	2,0980	1,8900
Desvio Padrão	0,3419	0,2206	0,3658	0,2910	0,3091

Fonte: Acervo do Autor

Na análise estatística via Anova, é possível notar diferenças significativas entre os painéis investigados cujos valores de valor-P é 0,0000000028 e valor de F Crítico ficou em 2,578739.

Para análise de Tukey, o teste, os valores coletados destacam a divisão dos 5 traços e, 4 grupos com diferenças significativas, sendo o T1 no grupo C, T2 sendo grupo B, T3 e T4 no grupo A enquanto T5 ficou pertencendo ao grupo AB, onde a compatibilidade dos dados para o modelo empregado com precisão de 95,85 % de interpolação entre grupos de dados e mantendo o grau de confiabilidade individual dentro dos 99,3%. Na Figura 44 é possível visualizar a distribuição desses grupos e resultados principais para tração perpendicular dos ensaios realizados.

Figura 44. Resultados para Resistência a Tração Perpendicular



Fonte: Acervo do Autor

A maior estabilidade nos ensaios de tração perpendicular foi captada nos painéis que possuíam maior concentração das partículas de *Tectona grandis* T3, seguido de T4 e T5, e seguindo T2 e por fim T1 que não possuía adição de teca em sua composição. Essa relação de estabilidade dos três primeiros painéis, que também são os que possuem melhor preenchimento e espessura mais elevada, que pode ter gerado menos espaços em vazio em relação aos dois últimos, contribuindo na adesão do composto fixador e causando essa resistência de engaste mais elevada, se levarmos em consideração uma maior área de contato dos suportes de ensaio com o corpo de prova. Os resultados coincidem com a definição de Araujo et. al. (2019) que relaciona a influência da geometria de partículas menores com bons resultados mecânicos e partículas maiores interferindo de forma negativa no desempenho do painel particulado.

5.2.3. Arrancamento de Parafusos no topo ou superfície

Os ensaios de arrancamento de parafusos seguiram padrão normatizado, pela NBR 14810-2 (2002), mesmo não sendo mais exigência para classificação de painéis tipo 2, foi utilizado como análise de resistência mecânica, onde os resultados obtidos foram apresentados em Newton (N). Nessa condição, os melhores resultados obtidos nesse ensaio estão nos painéis T5 contendo 100% teca com médias de 1431N, seguidos pelos valores obtidos pelos painéis T3 e T2 apresentando medias em torno de 1422 N e 1383 N respectivamente.

Os painéis que obtiveram as condições mais baixas no quesito arrancamento de parafuso de topo ou superfície foi o traço T4 contendo 75 % teca e 25% *Corymbia* com valores médios entorno de 1191 N onde a referência mínima via norma NBR14810-2 (2002) e ANSI A 208.1 (1993), em 1020 N. Somente os painéis com 100% *Corymbia citriodora* (T1) ficaram um pouco abaixo dessa condição, apresentando valores com medias em torno de 917 N, mesmo assim atendendo os requisitos tranquilamente o requisito de norma. Os valores de referência da interpolação estatística podem ser visualizados na Tabela 7.

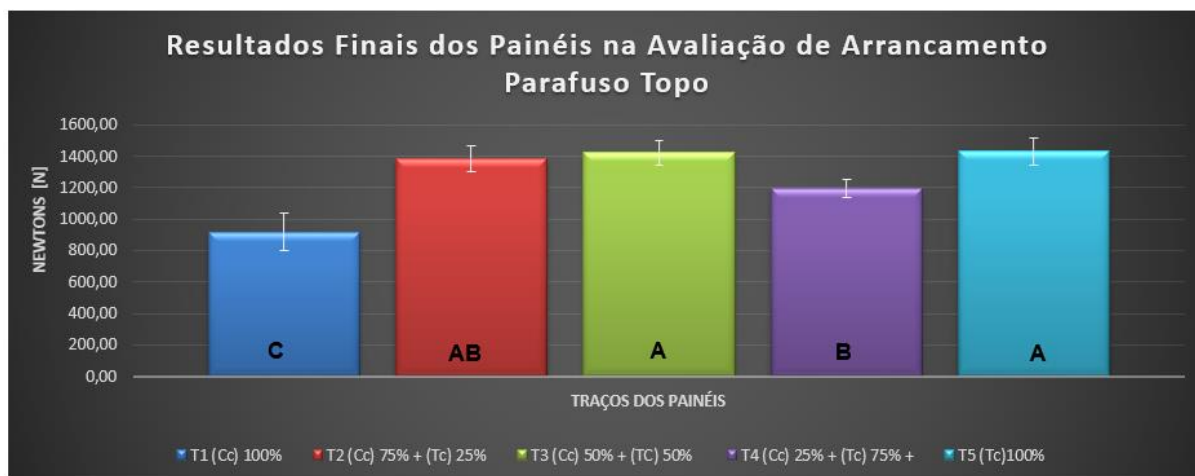
Tabela 7. Resultados de Arrancamento Parafuso no Topo.

Resultados	T1 (Cc) 100%	T2 (Cc) 75% + (Tc) 25%	T3 (Cc) 50% + (TC) 50%	T4 (Cc) 25% + (Tc) 75% +	T5 (Tc)100%
Máximo	1248,88	1627,51	1682,43	1402,55	1698,81
Média	917,26	1383,68	1422,65	1191,95	1431,96
Mínima	513,67	1109,43	1146,40	1034,99	1203,86
Desvio Padrão	242,31	166,45	159,49	113,68	171,20

Fonte: Acervo do Autor

Os valores de Anova para -P e F crítico ficaram em 0,0000000426 e 2,5787392 respectivamente, enquanto que na divisão de grupos de Tukey, os painéis T3 e T5 foram classificados como grupo A, enquanto o painel T2 ficou no grupo AB, T4 ficando no grupo B e isolado dos demais temos T1 no grupo C. Os resultados seguem representados em detalhes da Figura 45.

Figura 45. Resultados para arrancamento de parafuso topo



Fonte: Acervo do Autor

5.2.4. Arrancamento de Parafuso na Face

Os ensaios realizados para arrancamento de parafuso na face seguiram os procedimentos de preparação via NBR 14810-2 (2002), mesmo não sendo mais obrigatório nas edições atualizadas da norma, mas ainda são requisitos de normas internacionais, com o complemento da norma ANSI A 208.1 (1993), que estabelece como valores de resistência ao arrancamento de parafusos na face ou superfície em 800 N, com valores de tolerância entre 550 N à 1000 N.

Os melhores valores ficaram em T3 com 1458,54 N e seguidos de T2 com 1413,01 N, onde T5 e T4 tiveram valores muito próximos em suas médias, sendo 1271,98 N e 1244,49 N respectivamente.

Os valores de referência ANSI são de 800 N, dentre todos os experimentos ficaram dentro do especificado, o que obteve os menores resultados quanto à resistência ao arrancamento de parafusos foram os painéis T1, com média de 940,93 N no ensaio aplicado como descrito na Tabela 8.

Tabela 8. Resultados do Ensaio de Arrancamento Parafuso Face

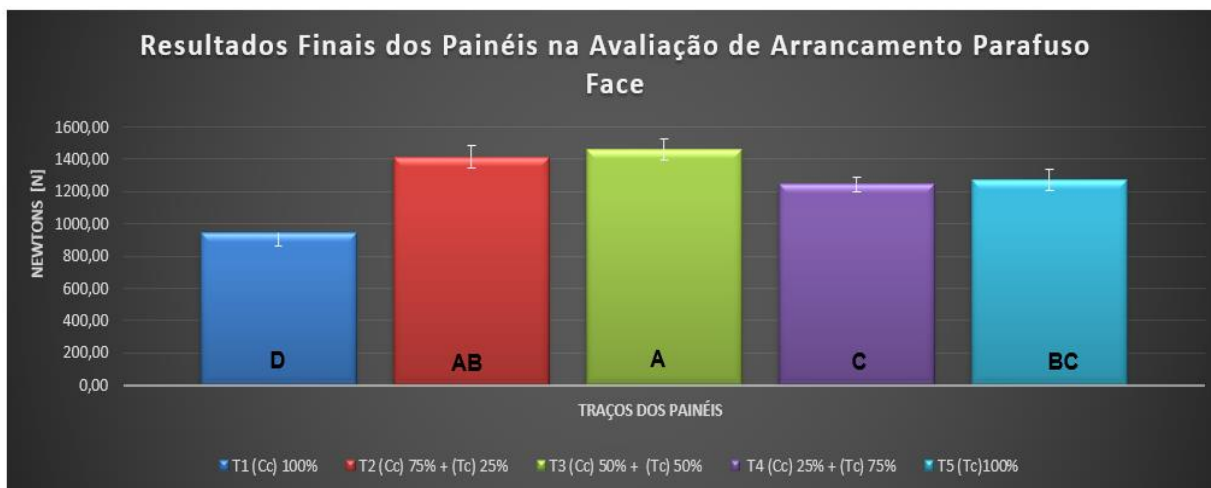
Resultados	T1 (Cc) 100%	T2 (Cc) 75% + (Tc) 25%	T3 (Cc) 50% + (Tc) 50%	T4 (Cc) 25% + (Tc) 75%	T5 (Tc)100%
Máximo	1214,26	1561,81	1628,88	1367,93	1253,00
Média	940,93	1413,01	1458,54	1244,49	1271,98
Mínima	683,23	1102,76	1239,17	1084,13	1041,17
Desvio Padrão	162,76	138,60	129,37	87,57	124,81

Fonte: Acervo do Autor

Os valores de Anova para -P ficaram em 0,0000000001 e F crítico 2,57873918 enquanto que na divisão de grupos de Tukey, os painéis, a classificação dos painéis gerou 5 grupos distintos, com T3 no grupo A, o painel T2 ficou no grupo AB, T5 ficando no grupo BC, T4 no grupo C, e T1 no grupo D.

A variação de resultados foi menos expressiva nos painéis com mais *Corymbia* em sua composição e menor nos painéis que continham volume maior de teca em sua composição, ficando fora dessa condição os painéis contendo somente *Corymbia citriodora* e na Figura 46.

Figura 46. Arrancamento De Parafuso Na Face Ou Superfície



Fonte: Acervo do Autor

Se comparados também com os trabalhos de Melo e Del Menezzi (2010) os valores médios para arrancamento de parafuso na superfície ou face foram de 710 N para painéis com densidade até 0,60 kg/m³, 891 N nos painéis de 0,70, chegando até 966 N no painel com 0,80 kg/m³.

Se comparados com os valores médios encontrados por Sanches et. al. (2016), seus painéis tiveram variações mais significantes para painéis de diferentes composições , com valores de arrancamento em 436,11 N no painel misto de Eucaliptus e Bracatinga até 810,81 N para o painel misto de Uva do Japão e Pinus, enquanto que seus valores para arrancamento de parafuso no topo do painel ficaram entorno de 464,41 N a 676,79 N para os mesmos traços vistos no arrancamento na superfície.

5.2.5. Resultados para Tração Superficial dos painéis

Os resultados coletados nos ensaios de Tração Superficial (Ts) são obtidos com a ruptura total dos corpos de prova sob tração superficial aplicada em uma das faces engastada por um pino metálico na área delimitada na face do CP, enquanto a outra se encontra engastada no suporte da máquina de ensaios EMIC 3000, conforme resultados comentados a seguir. Todos os corpos de prova estiveram com valores de tração acima do limite estabelecido pela norma 14810-2 (2013) que estabelece limite mínimo de em 1 MPa ou 1 N/mm².

Os CPs fabricados com 100% *Corymbia citriodora* (T1) foram os experimentos que obtiveram os menores medias obtidas nesse ensaio, com 1,32 MPa, sendo que todos os outros tiveram resultados muito acima dessa média, apresentando de maneira escalar a medida que foi adicionada as partículas de teca na mistura, como em 1,65 MPa em T2 até 2,08 MPa em média para T5, conforme é possível observar na Tabela 9, os valores médios, máximos, mínimos e desvio padrão coletados para análise de tração superficial

Tabela 9. Resultados do Ensaio de Tração Superficial em [MPa]

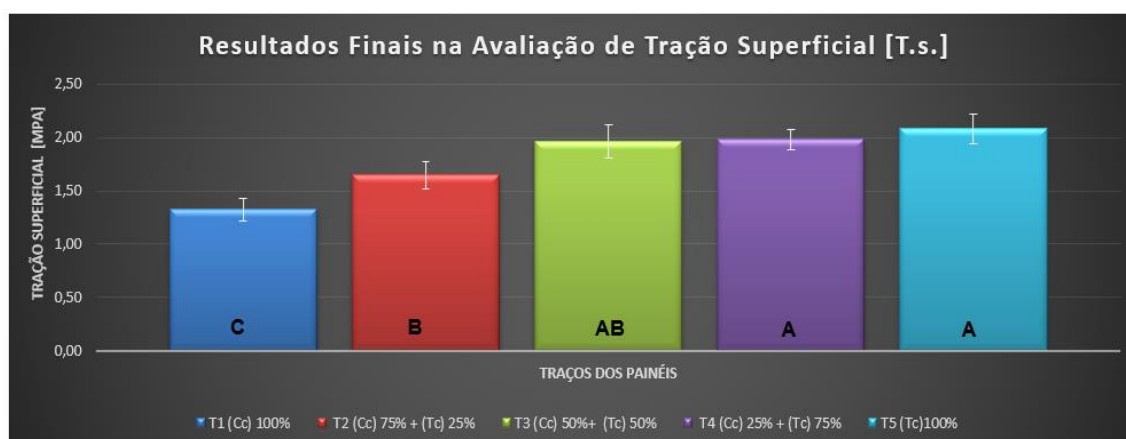
Resultados	T1 (Cc) 100%	T2 (Cc) 75% + (Tc) 25%	T3 (Cc) 50%+ (Tc) 50%	T4 (Cc) 25% + (Tc) 75%	T5 (Tc)100%
Máximo	1,70	2,19	2,56	2,19	2,45
Média	1,32	1,65	1,96	1,98	2,08
Mínima	1,06	1,39	1,33	1,62	1,63
Desvio Padrão	0,21	0,26	0,32	0,19	0,27

Fonte: Acervo do Autor

Os valores de Anova para -P ficaram em 0,0000000632 e F crítico 2,578739184 enquanto na divisão de grupos de Tukey, os painéis, a classificação dos painéis T4 e T5 no grupo A, o painel T2 ficou no grupo B, T3 ficando no grupo AB, T1 no grupo C.

Nesse ensaio em específico, os resultados podem estar vinculados a quantidade de teca adicionada ao painel pode ter contribuído para esses painéis resistirem mais a essa ruptura interna dessas partículas, ocasionado principalmente pela aplicação da força de tração do ensaio, conforme os valores demonstrados na Figura 47.

Figura 47. Resultados para Tração superficial



Fonte: Acervo do Autor

5.2.6. Dureza Janka

Os valores de dureza Janka obtidos são resultantes da aplicação de esfera sob a ação de força ordenada na superfície da face dos corpos de prova nos 5 traços de painéis produzidos, os resultados compilados variaram em mínimas de 51,74 MPa em T1 até a máxima de 59,66 MPa com T4. O painel T5 ficou dentro de todos os resultados para ensaios físicos e mecânicos, tendo ótimos resultados na questão de inchamento em espessura, tração superficial e densidade em 749 kg/m³, somente apresentando resultados menores que os demais para dureza janka, onde o painel pareceu absorver com mais facilidade a pressão aplicada

Os valores obtidos ficaram bastante equilibrados em T2 com 55,33 MPa, T3 com 55,58 MPa e a apresentação de maior facilidade de penetração e diminuição de resistência das partículas em T 5 que apresentou média de 46,58 MPa como pode ser visto na Tabela 10.

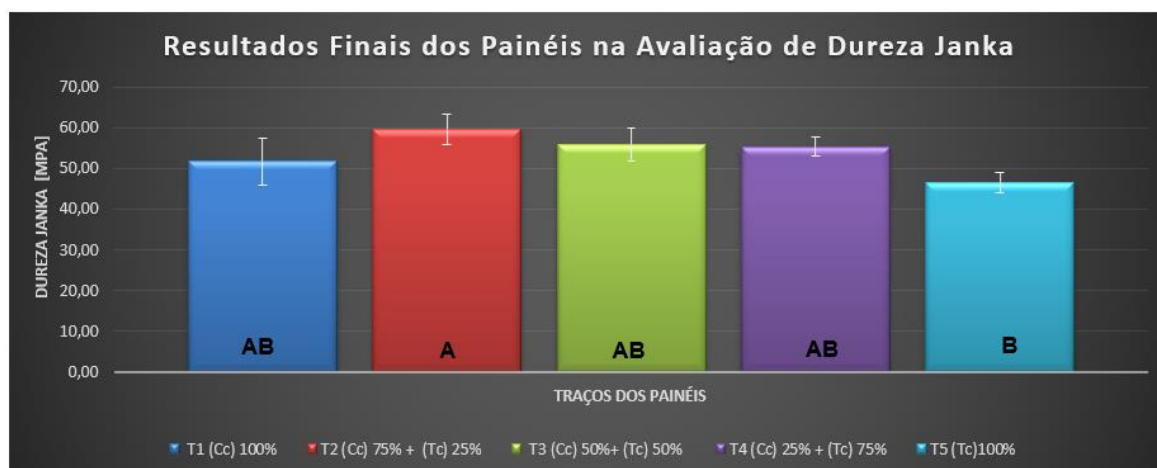
Tabela 10. Resultados do Ensaio de Dureza Janka em [MPa]

Resultados	T1 (Cc) 100%	T2 (Cc) 75% + (Tc) 25%	T3 (Cc) 50%+ (Tc) 50%	T4 (Cc) 25% + (Tc) 75%	T5 (Tc)100%
Máximo	70,25	74,84	68,06	60,33	56,59
Média	51,74	59,66	55,82	55,36	46,58
Mínima	36,32	51,61	43,08	47,44	40,58
Desvio Padrão	11,73	7,59	7,99	4,59	5,21

Fonte: Acervo do Autor

Com valores de -P 0,0078088 e valores de F crítico em 2,5787392, é possível notar que houve uma pequena variação estatística e interpolação Anova e cálculos de Tukey, com confiabilidade individual em 99,33%. De modo geral, ocorreu um certo equilíbrio quanto aos valores gerados no ensaio de Dureza, foi possível dividir os 5 traços em 3 grupos nos ensaios de Tukey, enquanto que o painel T2 ficou posicionado no grupo A, interligado e com pequena variação com os painéis T1, T3 e T4 ficaram dentro do segmento AB, que por sua vez, estava também vinculado ao e o painel T5 no grupo B, como segue registrado no gráfico da Figura 48.

Figura 48. Avaliação para resultados de dureza Janka



Fonte: Acervo do Autor

5.3. ANÁLISE DOS ENSAIOS DE MICROTOMOGRAFIA

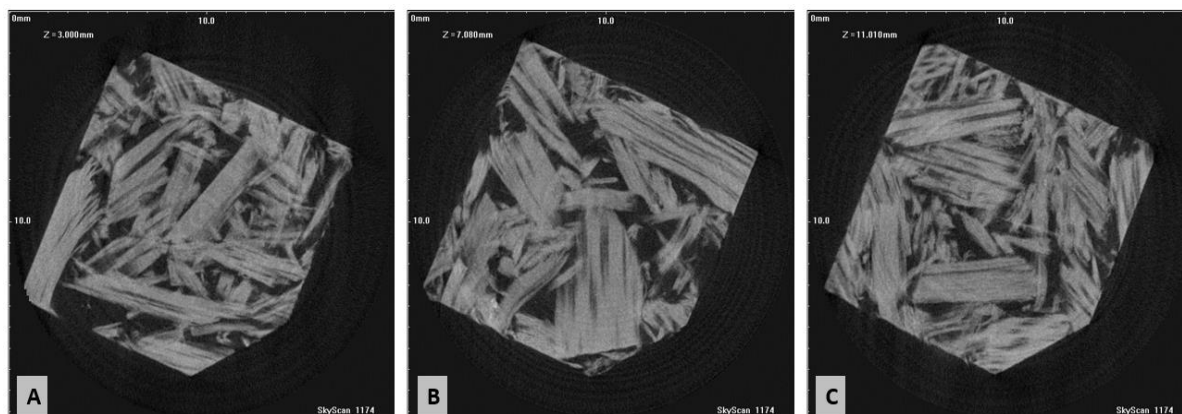
A análise por Microtomografia de raios X nos painéis foi realizada no laboratório de análise microscópicas da faculdade de odontologia de Piracicaba onde as peças foram selecionadas e cortadas com dimensões de 50 x 50 mm e fixadas com resina fixadora a um suporte de cobre com base circular, e essas amostras são levadas ao microtomografo. Essas amostras efetuam giros de 180° na plataforma e a máquina fotográfica com lentes de alta resolução fazem centenas de frames seccionando o material analisado em fotografias onde depois serão aplicados os programas de reconstrução.

Quando finalizadas as fotomicrografias, são gerados arquivos para serem processados em diversos programas como Nrecon e Nrecon Server CTan, CTvol e CTvox, que efetuam a reconstrução tridimensional medição e varredura das amostras, para que se possa utilizar das mais variadas formas de análise, uma vez que a projeção gera um arquivo executável de onde é possível retirar inúmeras informações, de acordo com a necessidade do usuário.

O painel T1, foi o painel onde foi possível verificar o maior número de espaços vazios em sua estrutura quando se projetou no âmbito tridimensional, ficando visível que a quantidade de material contido no painel não foi suficiente para cobrir totalmente os espaços durante a compactação das partículas, e mesmo apresentando boa resistência mecânica, sendo material mais denso que a teca.

Esse espaçamento é fator determinante em resultados como altos valores de absorção de água e inchamento em espessura em 24 horas, e outros valores em ensaios físicos e o colchão com um grau de compactação menor notado em sua espessura pode ter sido um fator determinante quanto a baixa resistência aos ensaios mecânicos. Foi também o painel que apresentou resultados inferiores aos demais painéis com relação aos testes físicos e mecânicos, mas se destacou muito bem nos ensaios de arrancamento de parafuso de topo e de face onde foi exigida resistência e dureza das partículas conforme é possível visualizar na Figura 49 com a seleção de da camada inferior em 3 mm, a camada central a 7 mm e a camada superior localizada a 11 mm. .

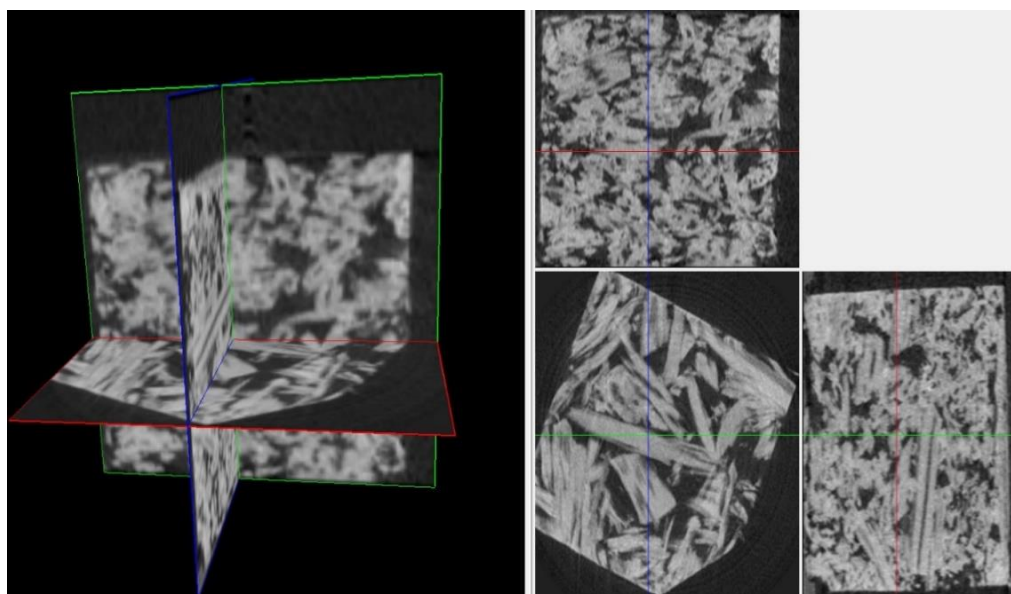
Figura 49. Camada inferior, central e superior painel T1-100% Corymbia



Fonte: Acervo do Autor

No caso das amostras do painel T1, os espaços vazios ocupam uma grande área do painel, e estas falhas e espaços podem ter interferido diretamente no baixo desempenho desse painel nos ensaios mecânicos e físicos permitindo maior acúmulo de fluido e menos engaste estrutural quando exigido na resistência a ruptura parcial ou total das partículas quando exigidos. Essa estrutura na projeção em 3 coordenadas X, Y e Z é representada na Figura 50, com projeção pelos programas Nrecon e DataWiewer.

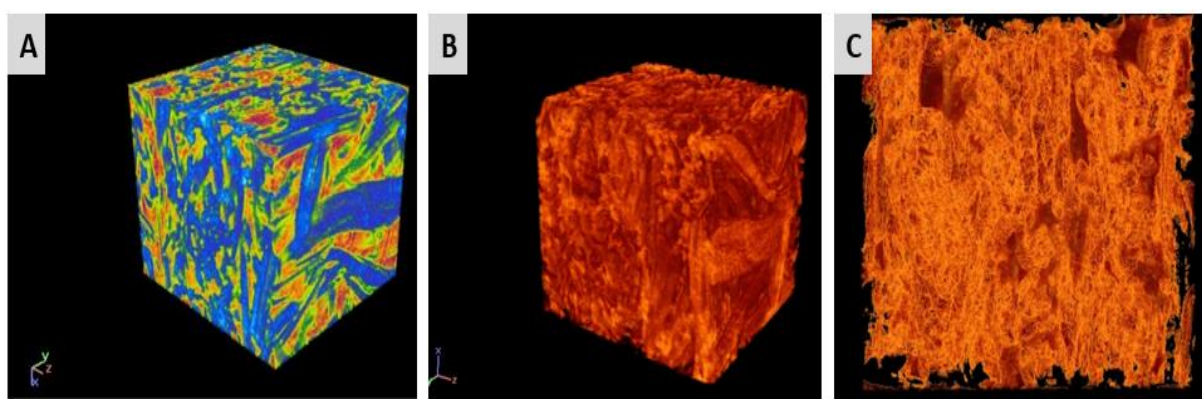
Figura 50. Amostra das projeções dos painéis T1



Fonte: Acervo do Autor

Ao utilizar o programa de reconstrução CTan, foi possível a visualização reconstruída do painel T1 contendo 100% *Corymbia* na Figura 51 A, onde foi possível observar a separação, mesmo que discreta das partículas (B) e da resina ao longo do painel (C). Essa distribuição é menos visível na projeção 2D da imagem, mas pode ser claramente definida na projeção tridimensional em computador, e por si já torna possível avaliar com precisão as diferenças entre uma peça e outra.

Figura 51. Detalhes construtivos da microtomografia em T1

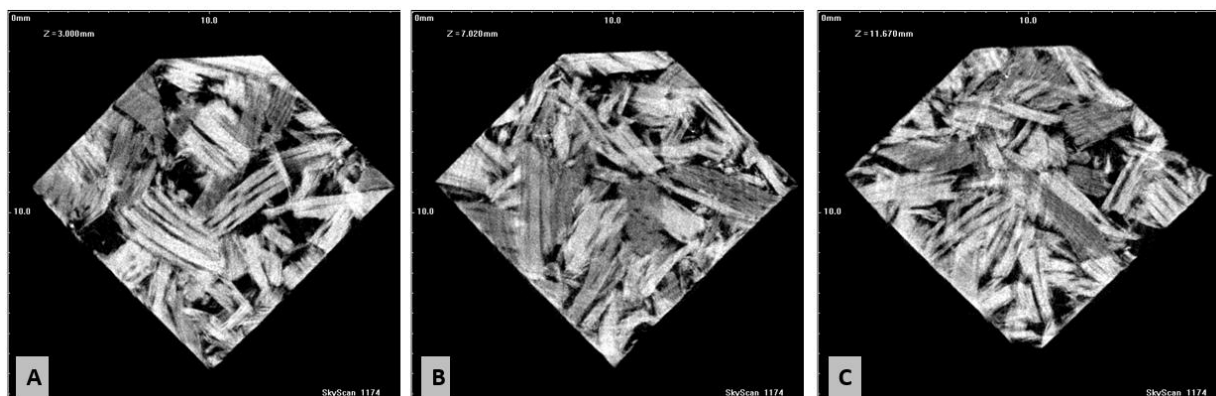


Fonte: Acervo do Autor

Foi possível notar que o painel T2 continha menos incidência de espaçamentos tão visíveis em relação ao painel T1, mas mesmo tendo um entrelaçamento mais próximo entre sua composição estrutural a junção dessa mistura de partículas adicionando 25% de teca e extraíndo 25% da *Corymbia* contida no painel, ainda torna visível algumas fendas hora maiores, hora menores, onde a luz emitida e refletida pelo feixe de laser do Microtomografia ainda passa com certa facilidade por dentre a estrutura do painel particulado.

Os detalhes do painel T2 e da projeção bidimensional com a camada inferior (A), região central (B) e camada superior do painel aglomerado (C) com detalhes para os espaçamentos em vazio que são muito visíveis em todas as camadas do painel aglomerado está destacado na Figura 52.

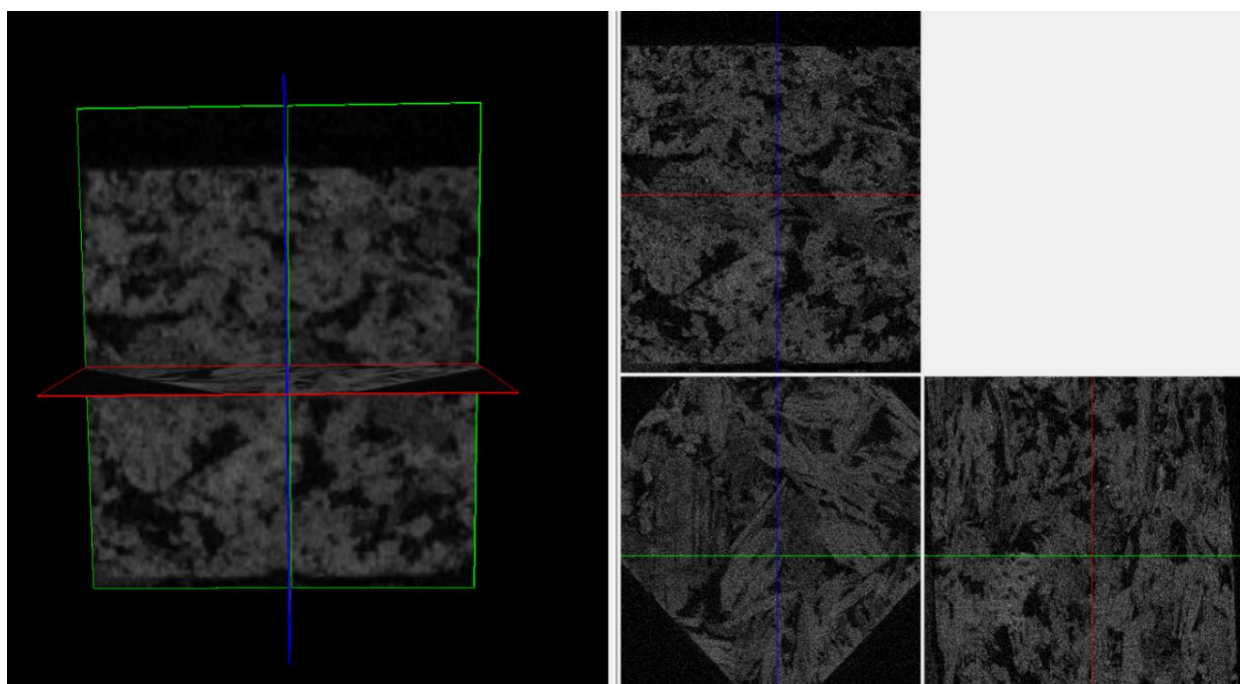
Figura 52. Camada inferior, central e superior painel T2.



Fonte: Acervo do Autor

Na projeção DataWiewer da Figura 53, nota-se o maior entrelaçamento colchão de partículas e que essas partículas se encontram bem mais organizadas e entrelaçadas quando comparado com imagens do painel T1, a imagens nas vistas tridimensionais do painel T2, possui um volume bem maior de preenchimento dos espaços e menores espaços em vazios do painel com relação ao painel T1.

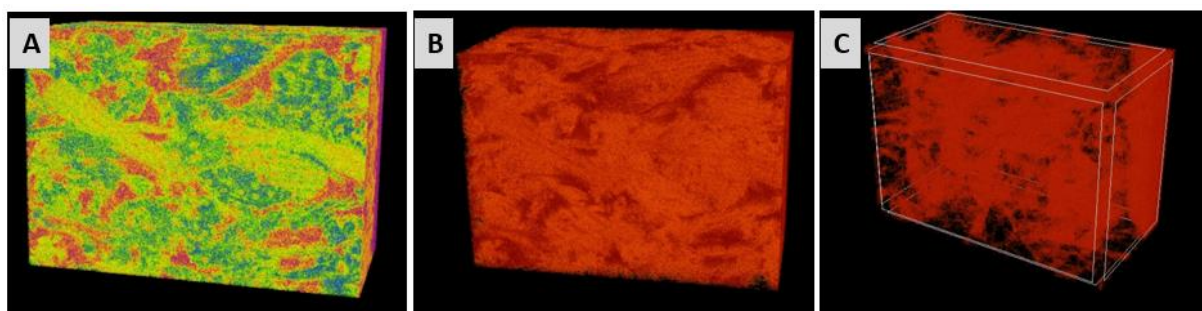
Figura 53. Amostra das projeções dos painéis T2



Fonte: Acervo do Autor

O painel T2, reconstruído na Figura 54, torna possível notar a estrutura completa (A), as partículas (B) e a poção da resina(C), lembrando que foi o que obteve os melhores resultados dos teores de umidade e dureza Janka dentre as composições testadas.

Figura 54. Detalhes construtivos da microtomografia em T2



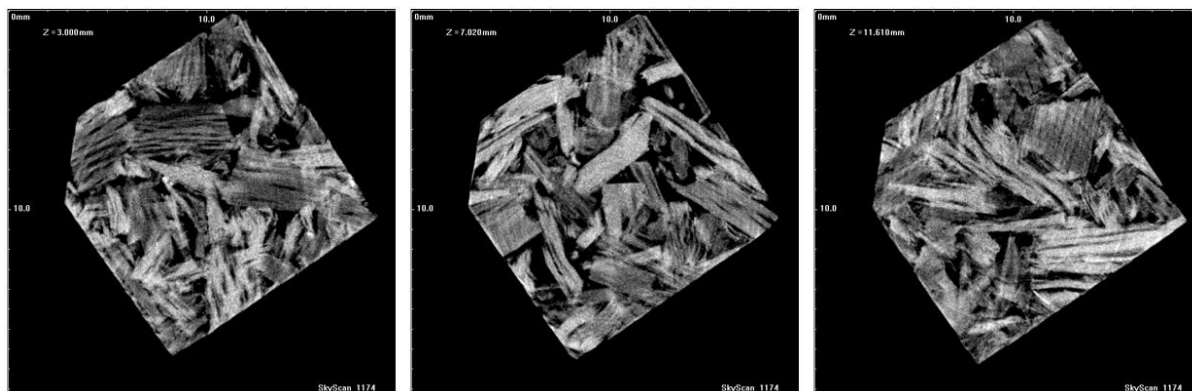
Fonte: Acervo do Autor

O painel construído com 50% de partículas de *Corymbia* e 50% de teca, teve um aumento visível de material concentrado nas faces no painel, relacionado ao aumento significativo do volume de partículas de teca, que por possuir uma densidade menor que a *Corymbia* e com essa adição maior de material, acaba gerando uma compactação de um volume mais abrangente dentro do painel, pois esse material vai ocupando mais espaços no painel, e gerando uma estrutura mais uniforme ao longo de todo o painel.

Sendo mais leve, a tendência é que ao preparar o colchão de partículas para a compactação, estas partículas vão ocupando mais espaços dentro do colchão, à medida que se foi acrescentando teca dentro da formação dos painéis.

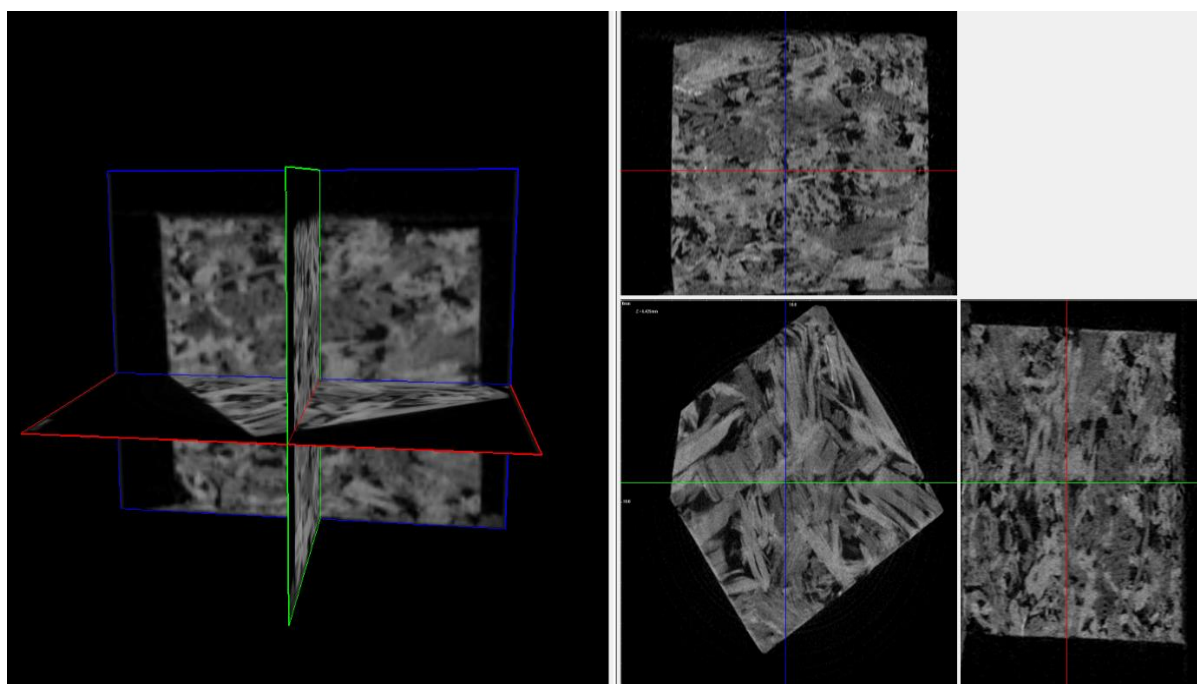
É necessário destacar que os ensaios físicos e mecânicos aplicados, os melhores resultados se deram com a mistura de 50% de cada espécie de madeira estudada, tendo destaque em ensaios físicos e mecânicos dentro da norma NBR 14.810-2 (2013), para painéis aglomerados, com destaques onde o painel T3 sempre esteve entre os 3 melhores resultados em praticamente todos os ensaios realizados a longo desse trabalho. Na Figura 55 e 56, é possível visualizar a projeção do painel T3 em 3 regiões distintas.

Figura 55. Camada inferior, central e superior painel T3.



Fonte: Acervo do Autor

Figura 56. Amostra das projeções dos painéis T3

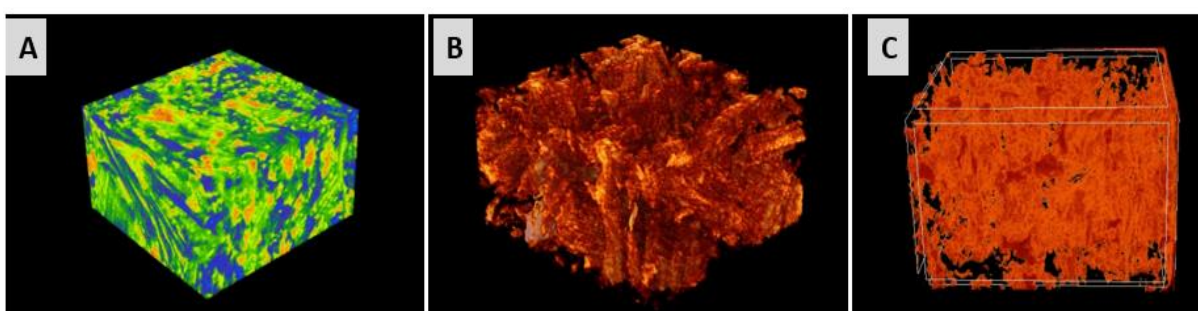


Fonte: Acervo do Autor

Os resultados encontrados na condição do painel T3, que utiliza a mistura de 50% de teca e 50% *Corymbia citriodora* em sua composição leva a algumas conclusões amplamente discutidas na literatura, como Haselein et. al. (1989), que através de experiências que a mistura heterogênea com 50% das partículas de cada espécie de madeira, existe uma grande possibilidade de que essa soma

de características de duas ou mais espécies podem vir a formar painéis com propriedades físico-mecânicas bem melhores do que os painéis produzidos com uma única espécie, e a variação das proporções de uma espécie ou outra vão refletir diretamente e podem gerar resultados bastante satisfatórios dentro dessa perspectiva. Na Figura 57 a projeção 3D com a reconstrução do painel T3 completo (A), a projeção das partículas (B) e a projeção da resina (C).

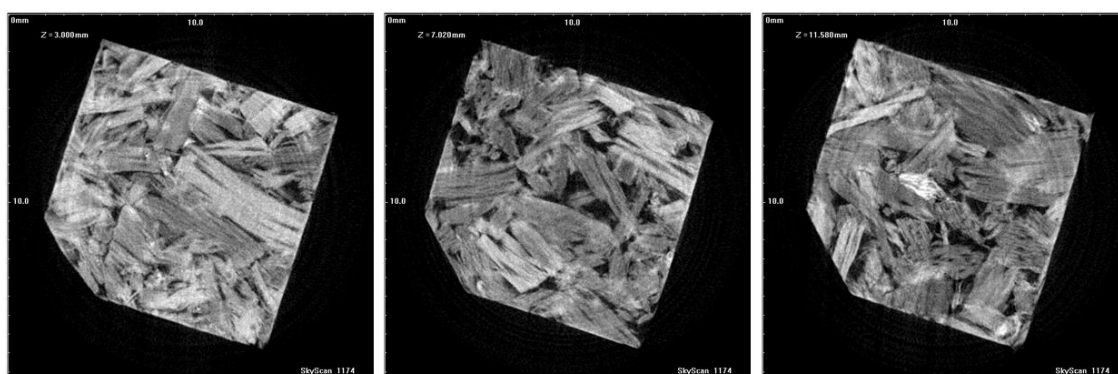
Figura 57. Detalhes construtivos da Microtomografia em T3



Fonte: Acervo do Autor

As imagens coletadas e reproduzidas na Figura 58, é possível dar destaque para o painel T4 contendo 25% de teca e 75% Corymbia, onde foi possível notar pelas ferramentas de análise tridimensional, que existem pouquíssimos espaços entre as partículas e que grau de ocupação dos espaços foi bem mais nítido quando relacionado aos 3 painéis anteriores T1, T2 e T3.

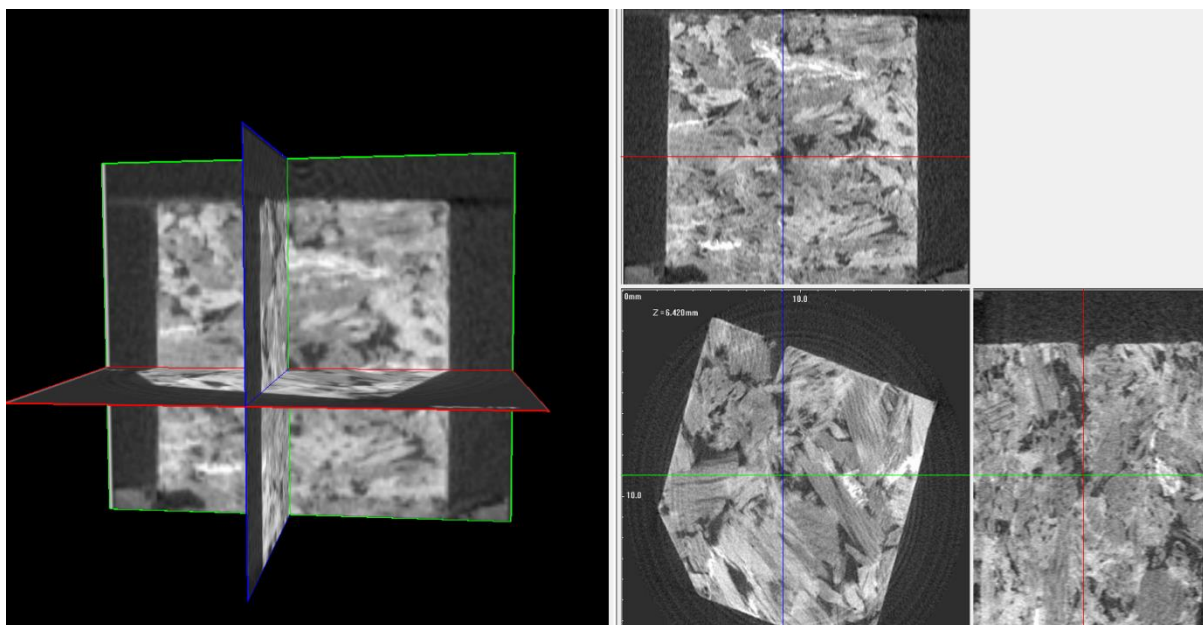
Figura 58. Camada inferior, central e superior painel T4.



Fonte: Acervo do Autor

Essa ocupação mais eficiente das partículas na formação do colchão, formaram um painel com desempenho bastante próximo ao painel T3, apresentando os melhores resultados nos ensaios de flexão estática e menores índices de absorção de água nos ensaios para painéis aglomerados ABNT 14810-2 (2013), e também se manteve entre os melhores resultados de densidade aparente. Deste modo, os painéis de partículas aglomeradas T4 possuem maior preenchimento em relação a T3, e tiveram atuação bastante significativa nos ensaios mecânicos e físicos, permanecendo dentro dos valores requisitados pela norma NBR 14810-2 (2013) com certa folga com os detalhes das imagens via DataWiewer na Figura 59

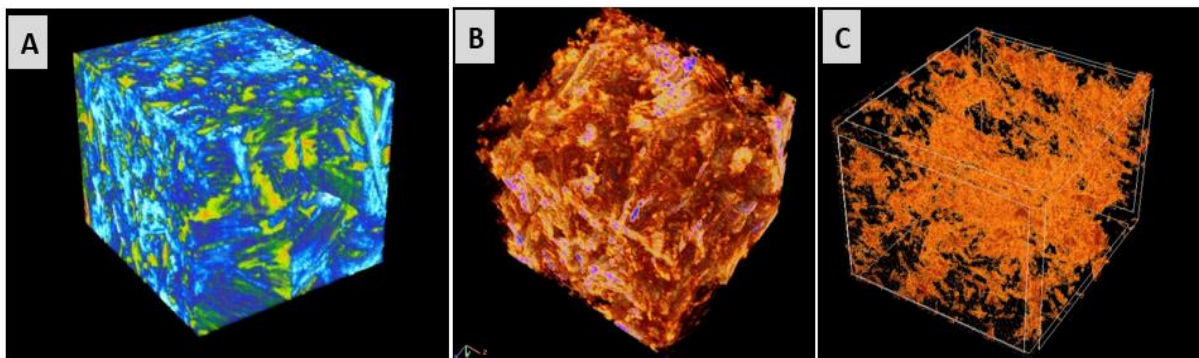
Figura 59. Amostra das projeções dos painéis T4



Fonte: Acervo do Autor

Como é possível comparar pelas imagens coletadas nos ensaios e na reconstrução 3D na Figura 60, a estrutura tridimensional mais sólida no conjunto painel/resina como vistos na Figura 60-A com imagem das partículas e da resina, (B) contendo o volume de partículas e somente a resina em (C) deixando bastante evidente que a variação proporcional de partículas de madeiras de diferentes espécies podem sim vir a dar forma a painéis bastante interessantes para o ponto de vista comercial, e sua robustez pode ser bastante útil na construção civil e indústria moveleira por exemplo.

Figura 60. Detalhes construtivos da microtomografia em T4

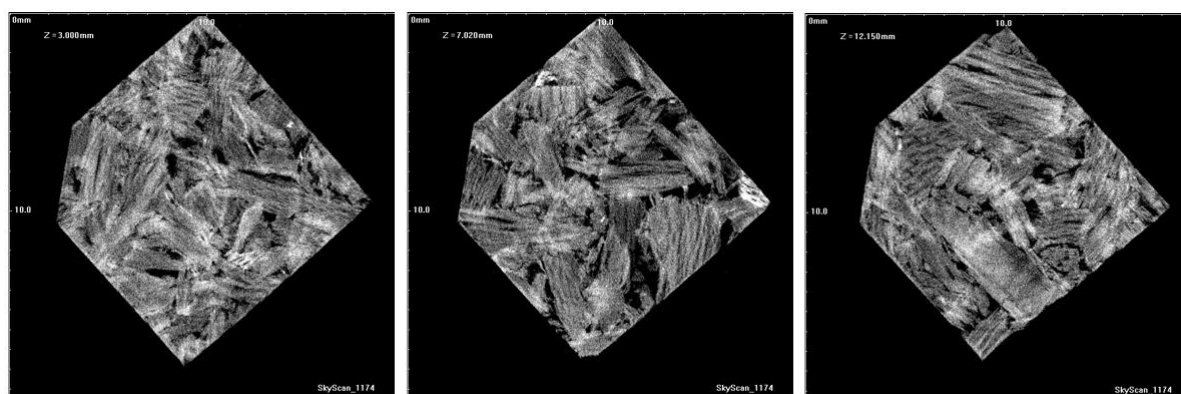


Fonte: Acervo do Autor

Na Figura 61, onde é apresentada em projeção as imagens semelhantes aos demais nas alturas 3, 7 e 11,50 mm, ou seja, vista inferior, vista central e vista superior das amostras, nota-se que o painel com 100% de particulados de teca fez com que o painel parecesse bem mais compacto que os demais, com valores das normas avaliadas, e destaque nos ensaios de tração superficial com valores médios em torno de 2,8 N/mm², o dobro exigido pela norma NBR14.810-2 (2013).

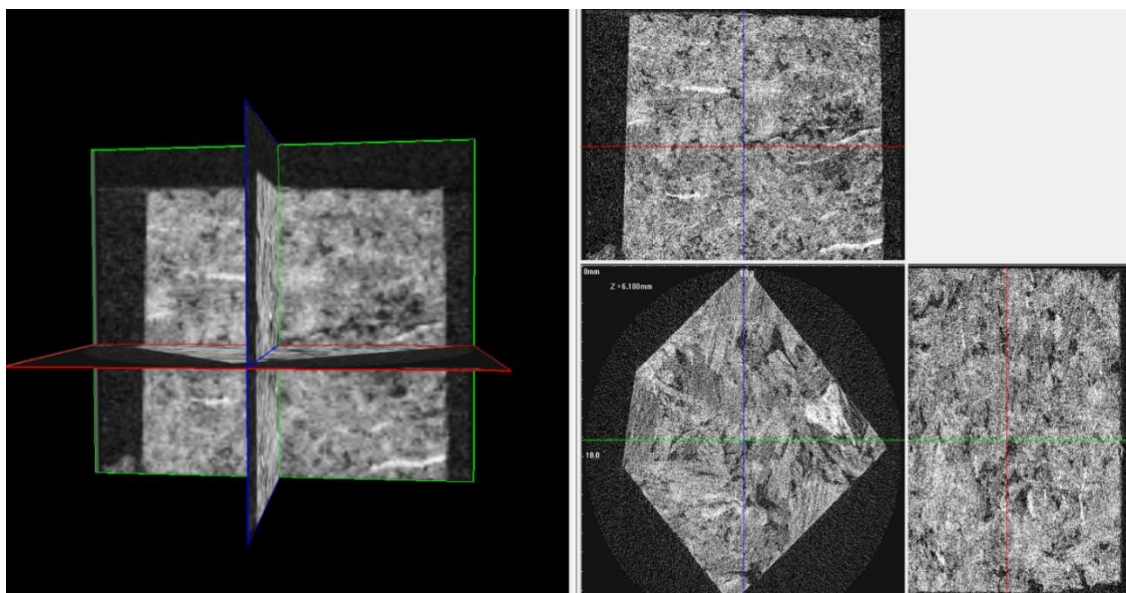
Com relação aos demais painéis, percebe-se um nível de preenchimento bem maior dos painéis de partículas T4 e T5 se comparado aos demais painéis T1, T2 e T3, e esse nítido preenchimento dos painéis e o fechamento cada vez mais amplo dos espaços contidos no interior das amostras à medida que se adiciona uma maior quantidade das partículas de teca ao material como é possível ver na Figura 62.

Figura 61. Camada inferior, central e superior painel T5.



Fonte: Acervo do Autor

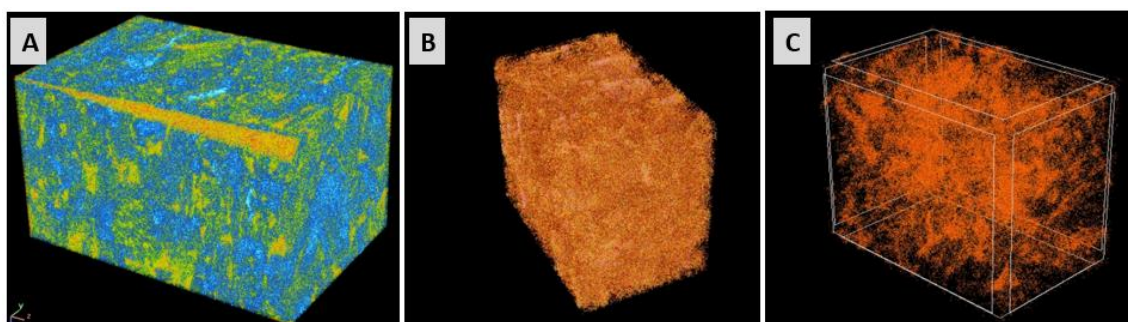
Figura 62. Amostra das projeções dos painéis T5



Fonte: Acervo do Autor

A reconstrução 3D de T5 permitiu observar diferenças significativas entre a estrutura interna, onde a junção entre espécies de diferentes densidades pode contribuir para um painel robusto e consistente, além da diversificação da granulometria das partículas, que contribuiu para maior homogeneidade e preenchimento dos painéis, Figura 63 A, a proporção de partículas (B) e resina (C),

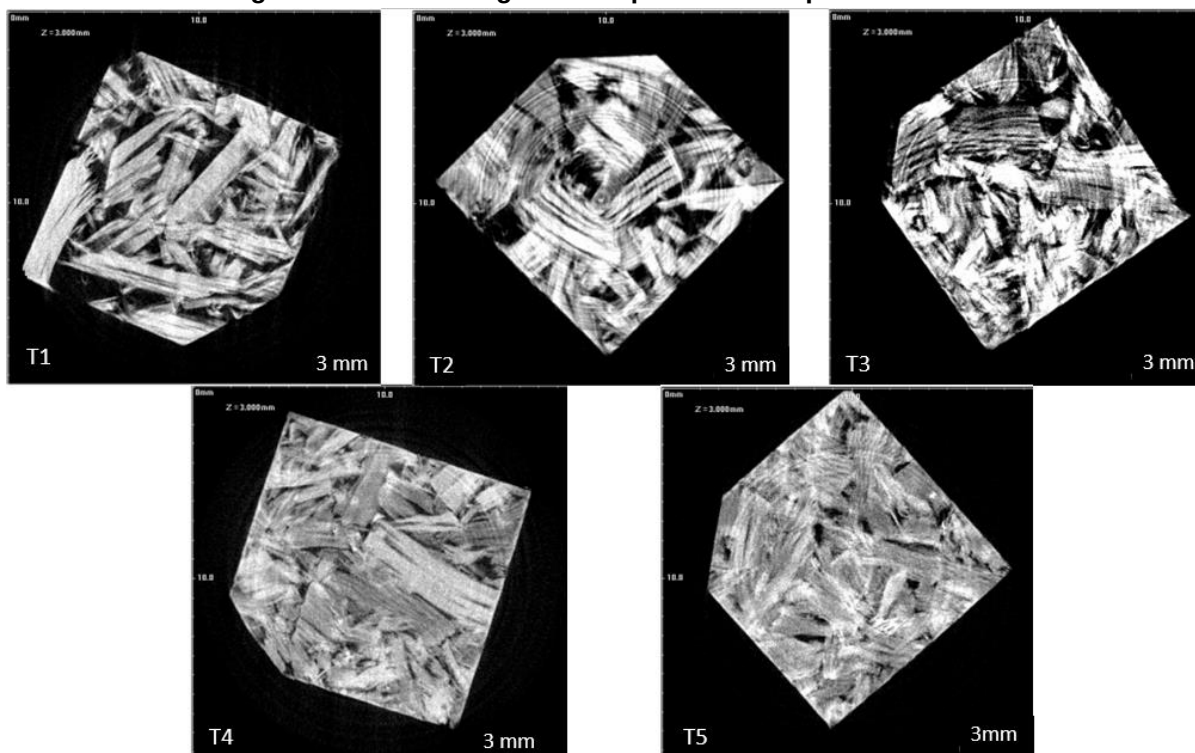
Figura 63. Detalhes construtivos da microtomografia em T5



Fonte: Acervo do Autor

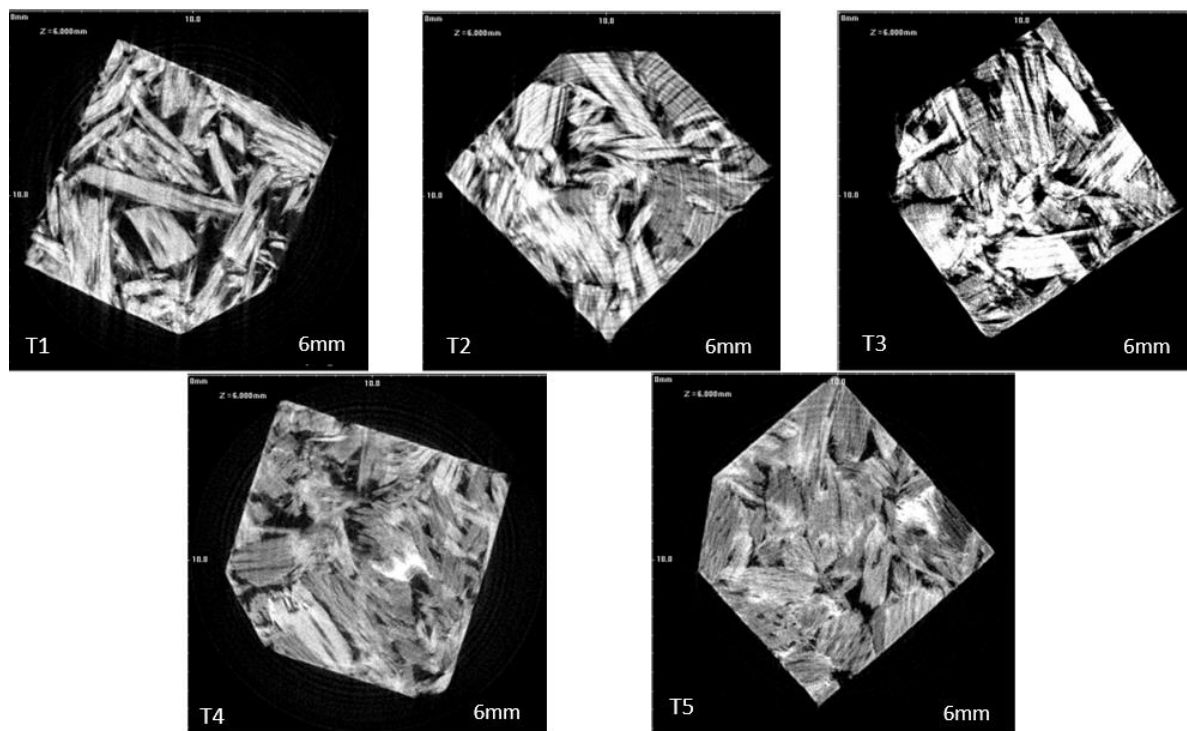
Nas Figuras 64, 65, 66, 67, microtomografias geradas no programa Nrecon dos painéis de T1 a T5, em 4 zonas diferentes de espessura para 3, 6, 9 e 12 mm.

Figura 64. Microtomografia dos painéis em espessura 3 mm



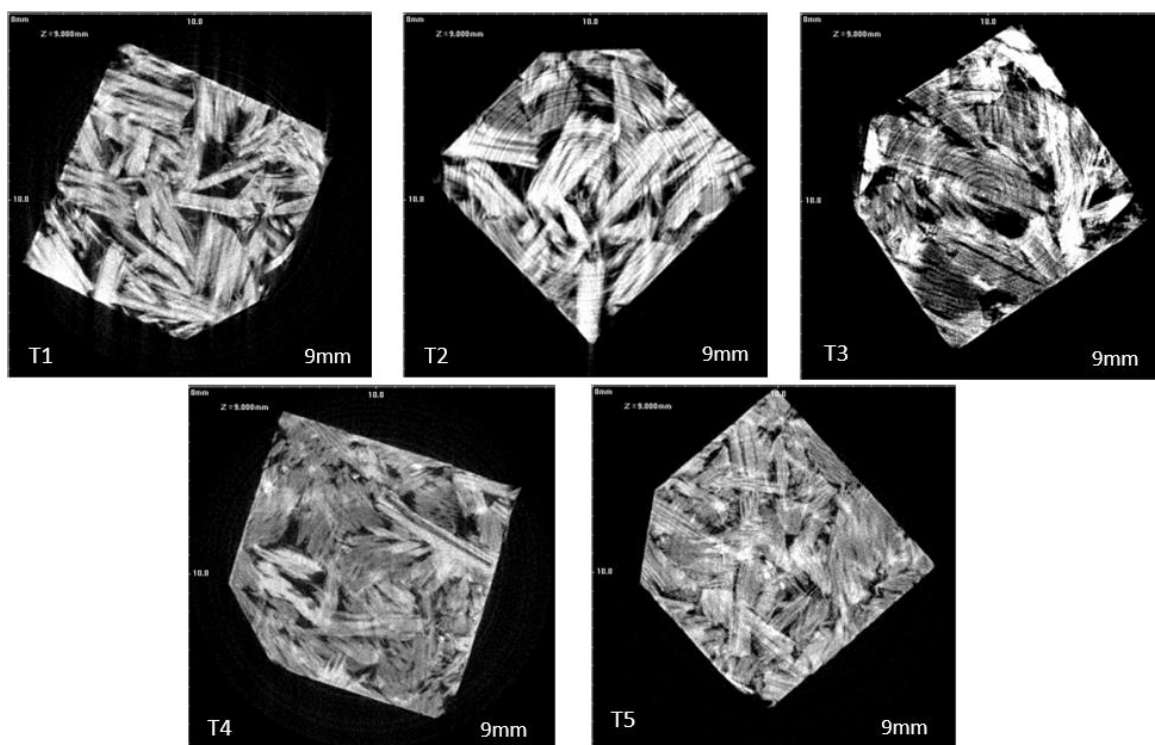
Fonte: Acervo do Autor

Figura 65. Microtomografia dos painéis em espessura 6 mm



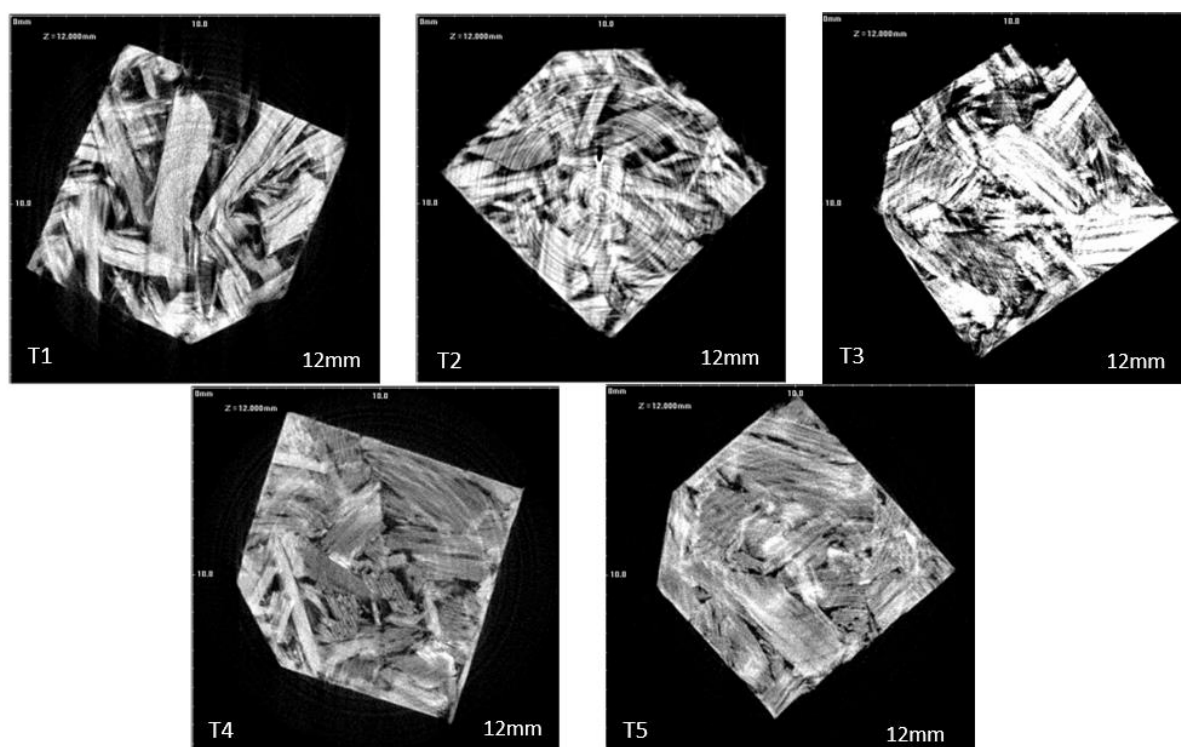
Fonte: Acervo do Autor

Figura 66. Microtomografia dos painéis em espessura 9 mm



Fonte: Acervo do Autor

Figura 67. Microtomografia dos painéis em espessura 12 mm



Fonte: Acervo do Autor

5.4. RESULTADOS PARA DENSITOMETRIA DE RAIOS X

O ensaio de densidade aplicado nos painéis aglomerados que são apresentados neste bloco são os valores e gráficos ensaiados com o densitômetro QDP 01-X e o programa de análises QMS Density Profile, versão 2.03 USB, que gera em seus arquivos as tabelas e gráficos de inserção de dados, dados esses que são delimitados pelo ponto de incidência de feixe colimado em uma área de análise pontual. Vale salientar que os ensaios foram aplicados com 12% do teor de umidade enquanto o gravimétrico foi realizado dentro das normas estabelecidas pela NBR 14810-2 (2013) de acordo com a umidade dos painéis entre 8,32 e 9,47%. dessa forma, além de realizado a coleta de valores para densidade média pelo sistema de interpolação gerado pelo densitometro QMS, descritos na densidade 1 da Tabela 12, os dados foram coletados e densidade 2, gerados em Microsoft Excel para geração dos gráficos de densidade por interpolação de densidade média, máximas e mínimas ao longo da dimensão dos painéis aglomerados.

Tabela 11. Dados de densidade por Densitometria de raios X

PAINEL	T1	T2	T3	T4	T5
Espessura média [mm]	11,400	11,520	11,880	12,080	11,760
Densidade 1- QMS	804,33	823,24	811,50	808,65	774,05
Densidade 2 - Ms Excel	802,60	822,63	811,29	808,62	775,34
Densidade mínima	354,69	465,70	536,51	473,52	613,48
Densidade máxima	859,16	885,53	880,10	877,24	856,30
Desvio Padrão	356,71	296,86	242,95	285,47	171,70

Fonte: Acervo do Autor

Dentro dessa análise, os valores obtidos pelo sistema convertem e geram os gráficos de densidade em kg/m^3 por espessura em mm, com destaque do gráfico do ensaio e a formação dos limites de zonas para 3,6,9 até 12 mm. Dentro desses valores em questão temos também a densidade média aferida para o painel T1 em 802.60 kg/m^3 , enquanto o painel pelos ensaios de densidade aparente pelo método gravimétrico ficou em $786,23$.

A dimensão média dos painéis T1 ficaram em 11,440 mm e foram gerados 286 pontos de verificação ao longo das zonas de densidade ponto a ponto foi coletada e transferida para a planilha, onde essa interpolação proporcionou a geração de gráficos de densidade ao longo da espessura do painel

Os painéis T2, com espessura média de 11,520 mm, teve 289 pontos de colimação de feixes e apresentou densidade de 823,24 via QMS e 822,60 kg/m³ pela contraprova via análise convencional e esses valores de densidade média coletados ao longo de todo o painel, representam um painel um pouco mais denso dentre os 5 painéis analisados,

A densidade do painel T3 com espessura de 11,880 mm e 298 pontos de verificação obtiveram densidade levemente inferior, se comparado a T2, mas bem mais denso em sua estrutura se comparado a T1, T4 e T5 com densidade média QMS 811,50 e 811,29 kg/m³ via Excel, com uma variação de maior densidade nos pontos das zonas 1 e 4 mais levadas enquanto as zonas 2 e 3 mantiveram estabilidade da densidade bem maior nas extremidades e menor ao centro das amostras analisadas.

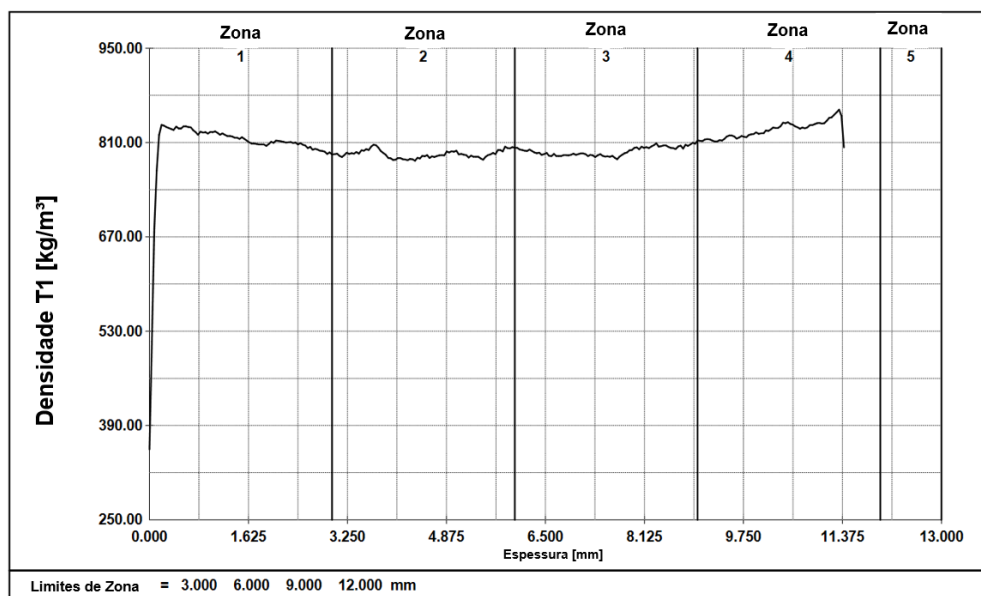
Os valores de T4 foi o mais espesso dentre os painéis analisados com 12,080 mm em 303 pontos de disparos de feixe colimado, e sua densidade ficou muito próxima de T1, mas com um pequeno diferencial na zona 5, que possivelmente por ser um pouco mais espesso, teve uma incidência de feixe mais efetiva ao longo da última zona, gerando uma média mais ponderada. Essa densidade média captada via QMS foi de 808,65 e 808,62 kg/m³, e pode estar associada a essa distribuição mais homogênea ao longo da espessura do painel.

Por fim, no painel T5 com espessura de 11,760 mm e 295 pontos de verificação e densidade média em 774,05 kg/m³, foi possível perceber que a variação por zonas ficou bem mais compatível com os valores coletadas para densidade aparente de projeto.

É preciso levar em consideração que os valores de análise por densitometria de raios X ponto a ponto tem a tendência de apresentar uma maior precisão, pois seu sistema de captação é bem mais consistente e preciso que as medições superficiais projetadas pelos métodos tradicionais, pois avalia toda a estrutura interna e externa do corpo de prova com maior precisão.

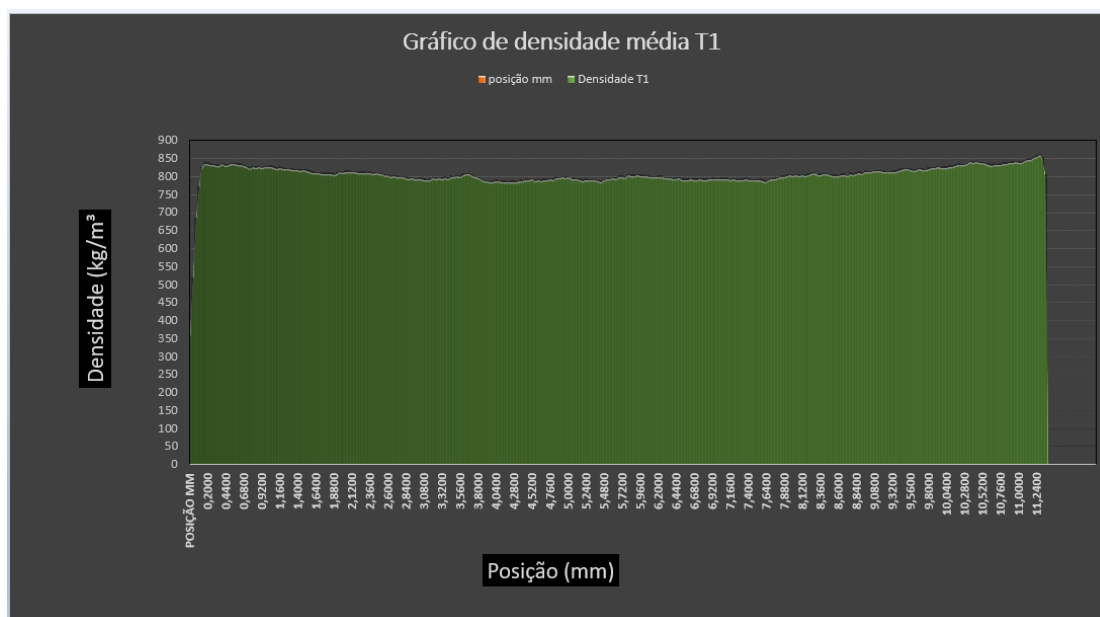
Os valores de densidade máxima, mínima e densidade média nas 5 zonas geradas na densitometria foram representados graficamente da Figura 68 e análise estatística em Ms. Excel na Figura 69 microtomografia dos painéis 100% Cc.

Figura 68. Resultados Médios dos ensaios de densitometria T1



Fonte: Acervo do Autor

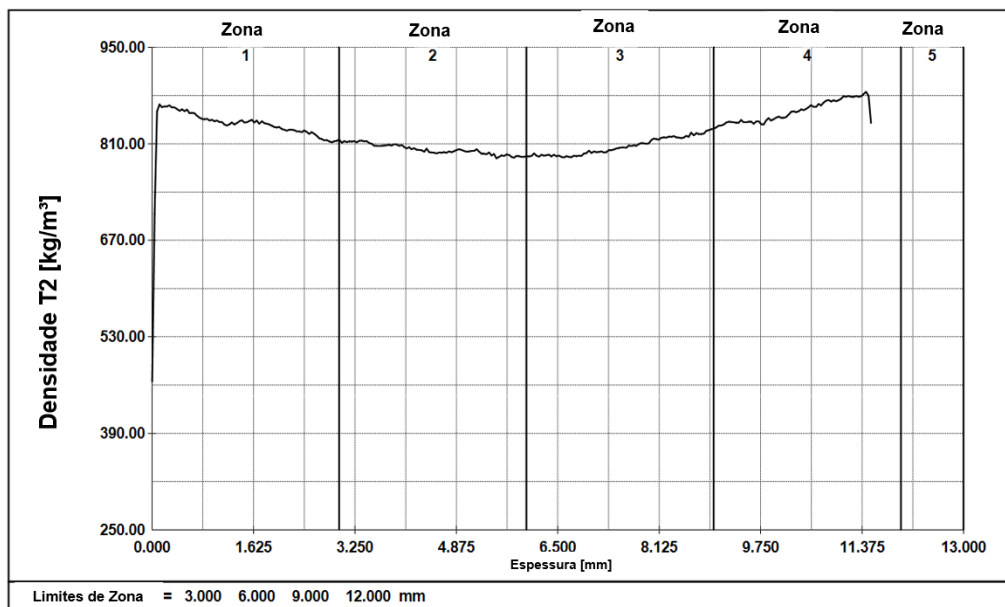
Figura 69. Análise da Densidade por zonas de ensaio painel T1



Fonte: Acervo do Autor

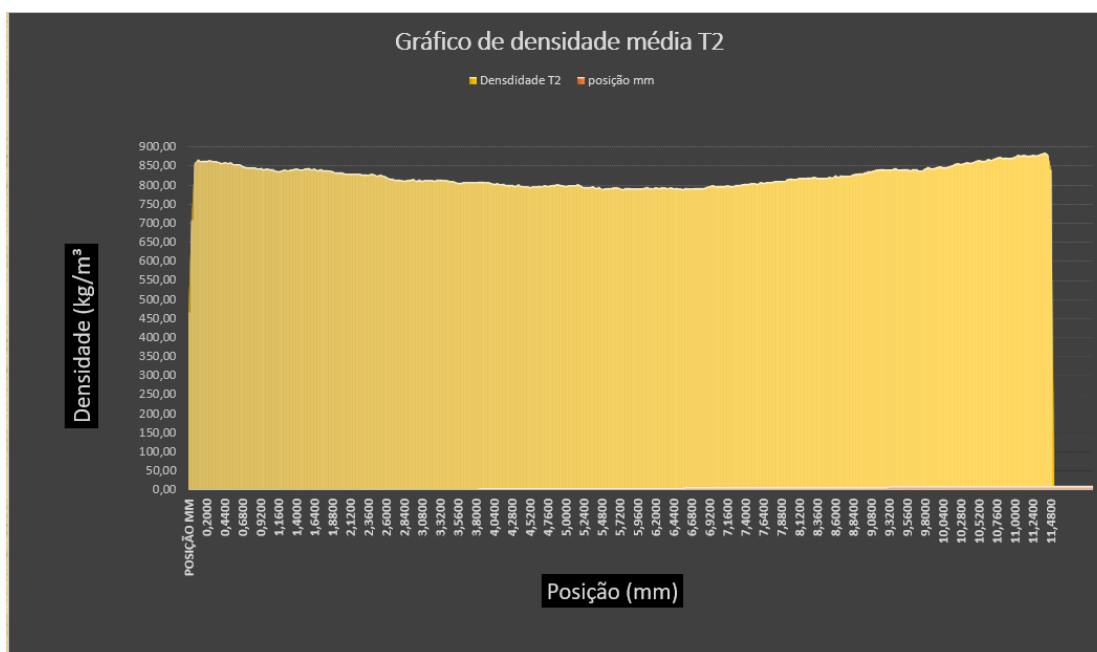
Nas Figuras 70 e 71, os detalhes da densidade média de T2, gerados pelos dois sistemas de dados do densitometro e análise estatística via Ms Excel.

Figura 70. Análise da Densidade por zonas de ensaio painel T2



Fonte: Acervo do Autor

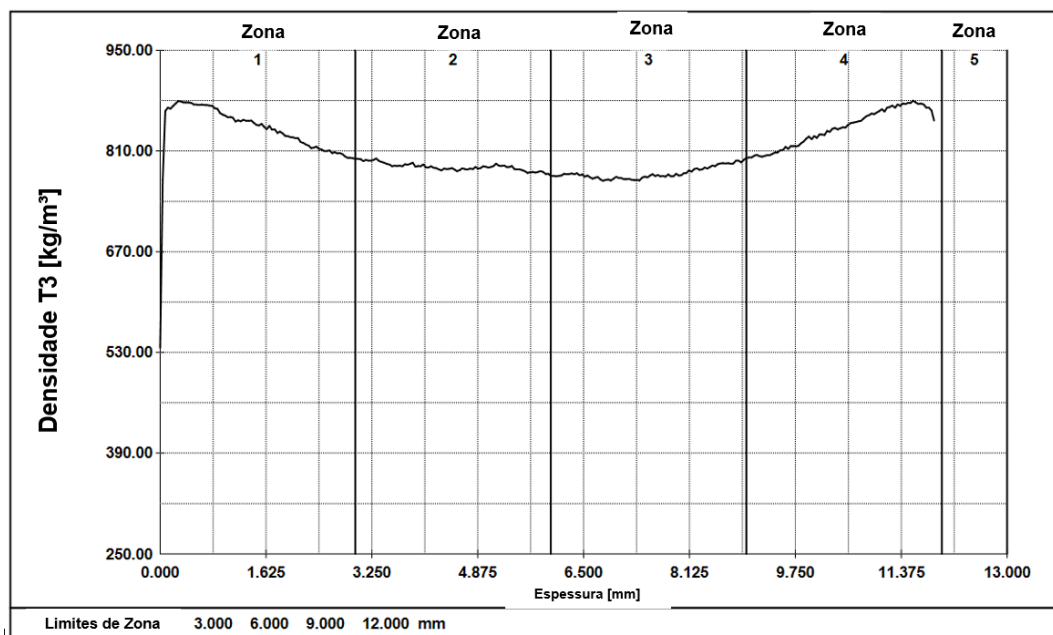
Figura 71 . Resultados Médios dos ensaios de densitometria T2



Fonte: Acervo do Autor

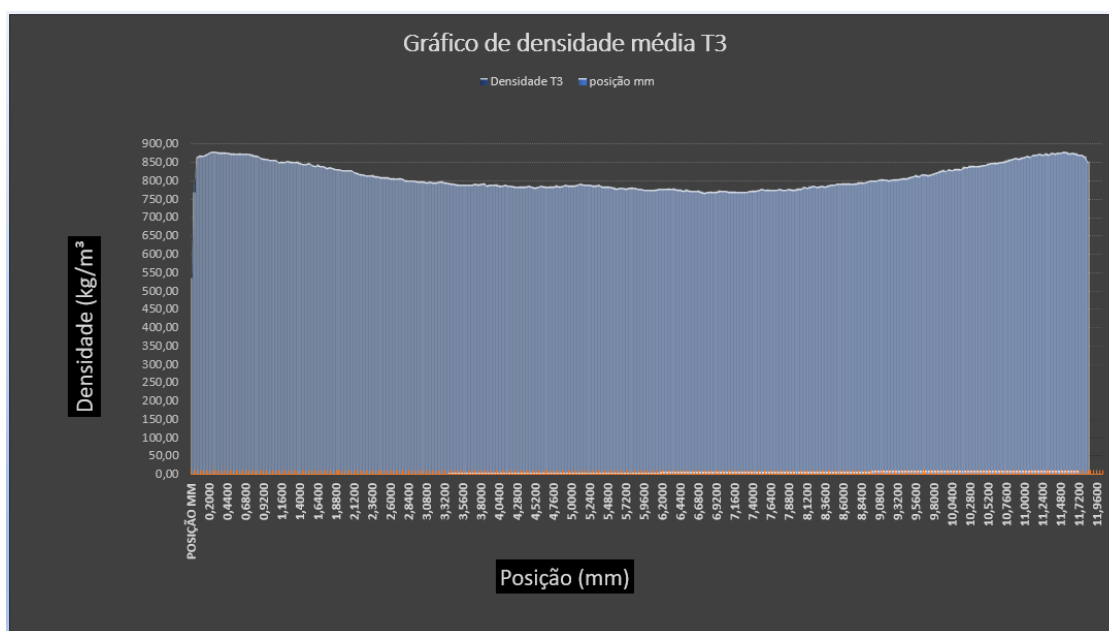
Nas Figuras 72 e 73 a análise de densidade por zonas e pela distribuição de densidade por área via Ms Excel.

Figura 72. Análise da Densidade por zonas de ensaio painel T3



Fonte: Acervo do Autor

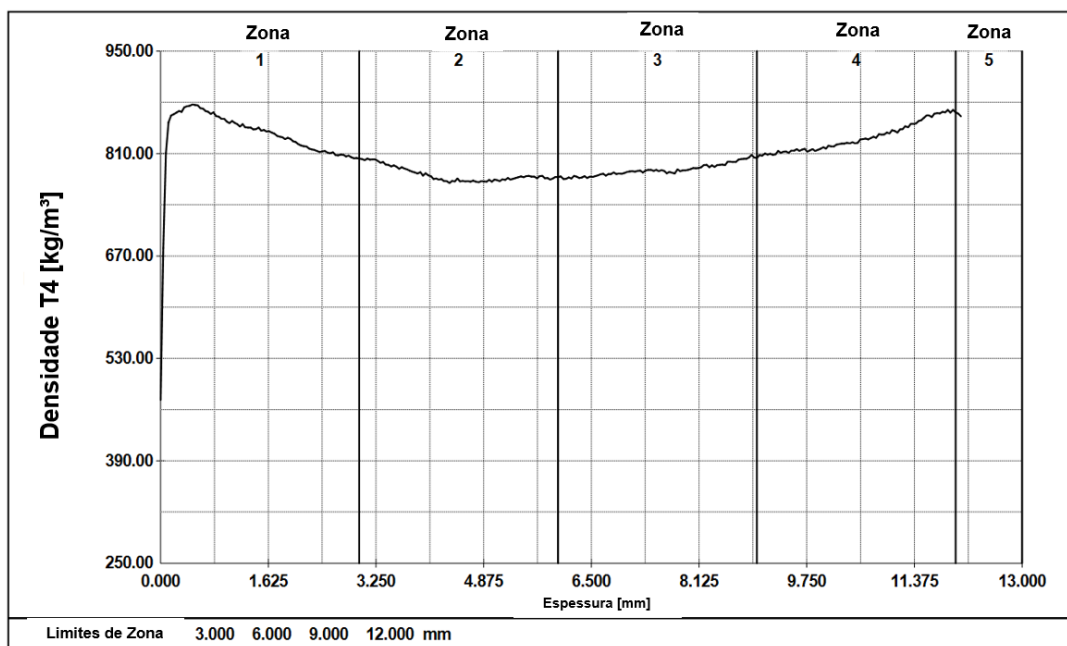
Figura 73. Resultados Médios dos ensaios de densitometria T3



Fonte: Acervo do Autor

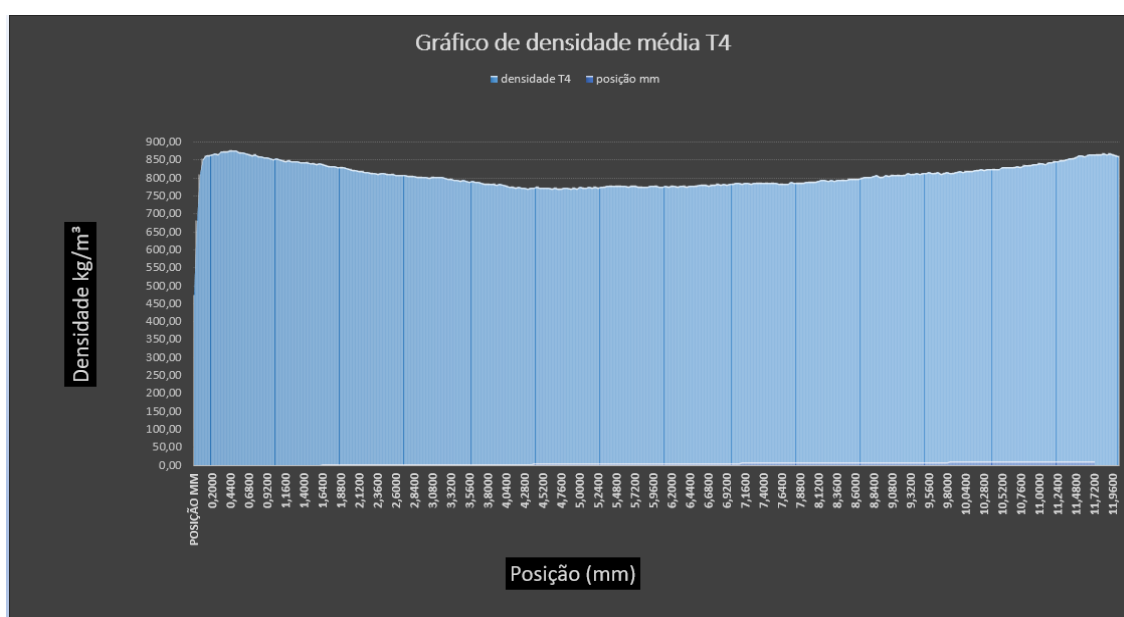
Nas Figuras 74 e 75, a análise de densidade por zonas no painel T4 e pela interpolação de densidade por área e a análise estatística ponto a ponto por Excel.

Figura 74. Análise da Densidade por zonas de ensaio painel T4



Fonte: Acervo do Autor

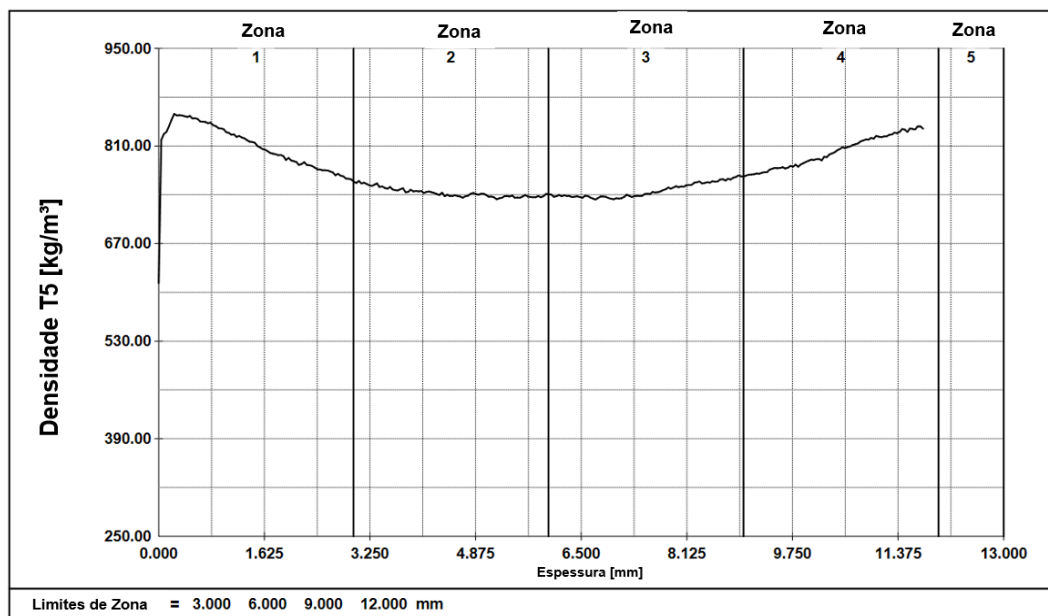
Figura 75. Resultados Médios dos ensaios de densitometria T4



Fonte: Acervo do Autor

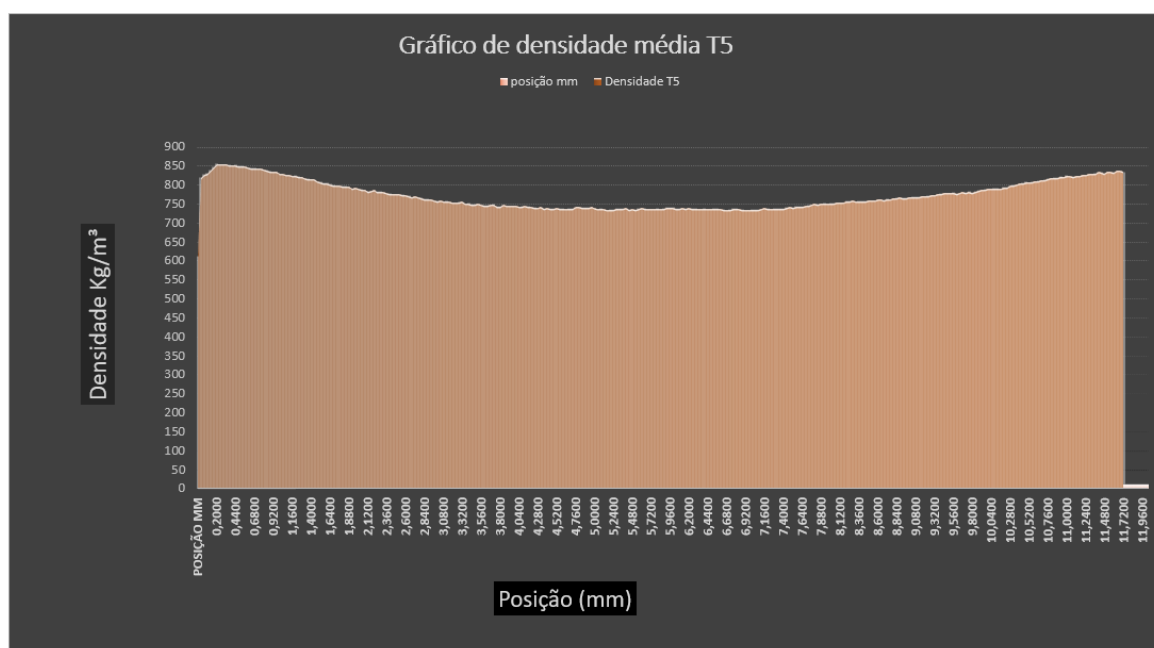
Nas Figuras 76 e 77 a análise de densidade por divisão por zonas de espessura e pela distribuição de densidade por área via ponto a ponto no painel T5.

Figura 76. Análise da Densidade por zonas de ensaio painel T5



Fonte: Acervo do Autor

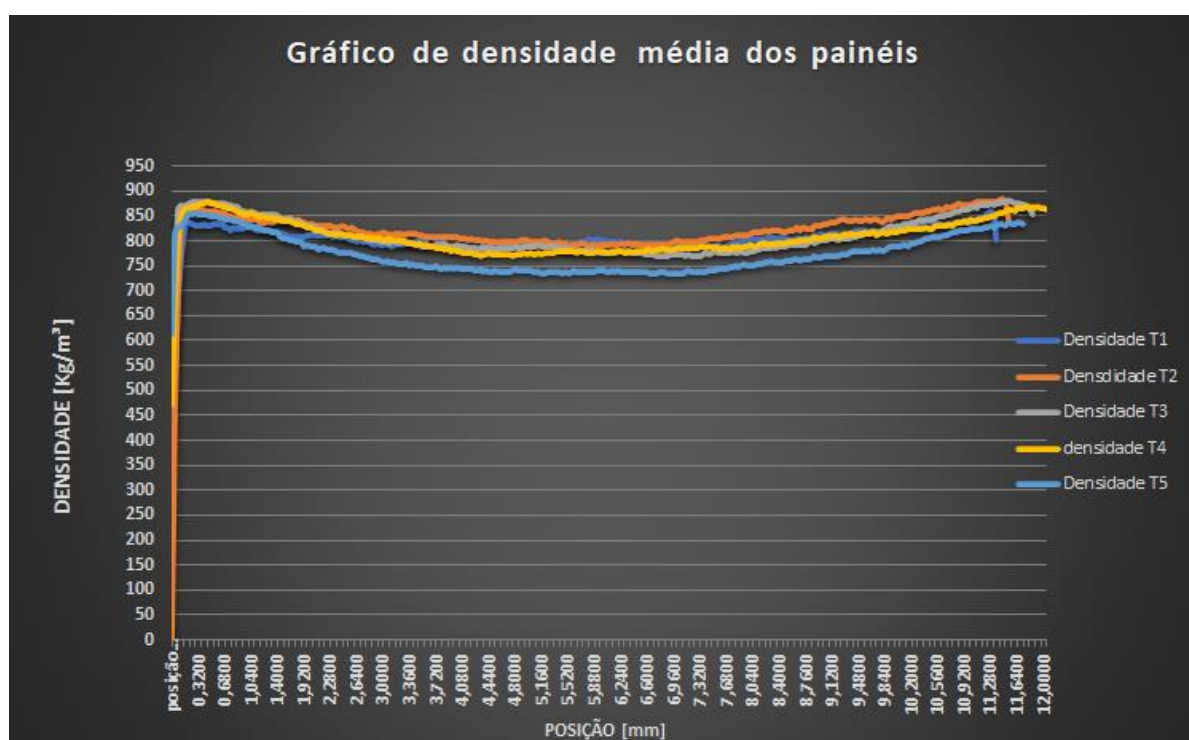
Figura 77. Resultados Médios dos ensaios de densitometria T5



Fonte: Acervo do Autor

Os valores processados nos painéis aglomerados de *Tectona* e *Corymbia* diferiram do trabalho de Gonçalves et. al. (2018) onde estes observaram que os valores de densidades mínima, média e máxima nos painéis aglomerados de *Acacia mangium* variaram bastante em comparação com o método gravimétrico, onde o ensaio de densitometria se mostrou mais eficiente na determinação de variação de perfis de densidade ao longo da espessura em todos os tratamentos aplicados, pois houve uma forte correlação entre as medias obtidas pelo método de microdensitometria de raios X e o método gravimétrico. Para Surdi et. al. (2014) a diferença significativa entre os métodos de medição gravimétrico e a densitometria podem estar ligados a atenuação dos feixes colimados enquanto efetuam a leituras micrométricas no sentido da espessura do painel e podem influenciados pela reação da resina, o teor de umidade e a geometria da partícula. Wong et. al. (1999) entende que o calor durante o processo de prensagem contribui na deformação e a deformação de forma irregular ao longo da espessura do painel. No Gráfico da Figura 78 está expresso a projeção de densidade média de cada painel coletada via sistema de interpolação QMS.

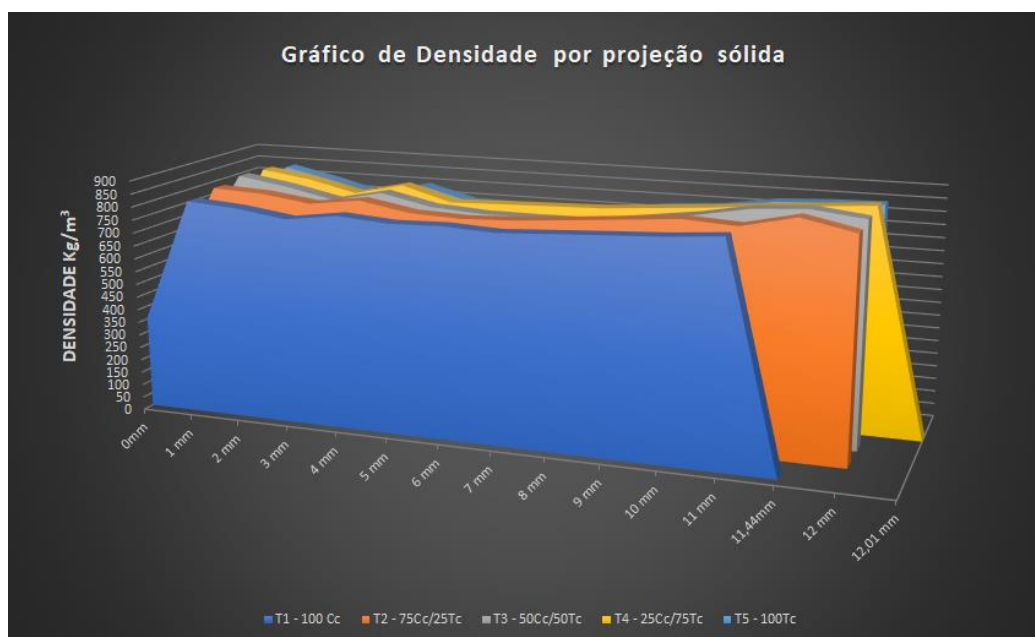
Figura 78. Gráfico de projeção de densidades ponto a ponto



Fonte: Acervo do Autor

Na Figura 79, uma projeção sólida da distribuição da densidade dos painéis ensaiados, coletados e projetados no Ms Excel.

Figura 79. Projeção sólida da densidade dos painéis aglomerados



Fonte: Acervo do Autor

Na observação dos gráficos apresentados no ensaio de densitometria por raios X, é possível constatar que a precisão dos valores ponto a ponto indicam a densidade real do painel com a verificação integral dos pontos distribuídos ao longo dos painéis de madeira, sendo uma ferramenta extremamente eficaz para se entender o que acontece na estrutura do painel e dar mais credibilidade quanto aos valores captados dentro de cada corpo de prova avaliado ao ser colocado na comparação com outros ensaios mecânicos ou físicos da ABNT 14810-2 (2013).

A utilização de processos de análise tridimensional como a densitometria por raios X, quando bem utilizado, é capaz de gerar inúmeros benefícios para a melhoria dos processos de fabricação e conformação de painéis das mais diversas especificações, fazendo com que os dados de densidade obtidos possam ser usados como referência para aprimorar e ampliar a produção dos painéis aglomerados com métodos mais eficientes para a melhorias do processo produtivo e aumento na qualidade dos produtos fabricados.

6. CONCLUSÕES

A condição de painel T1 contendo 100% de partículas de *Corymbia citriodora* para a densidade definida em 750 kg/m³, deixou a desejar em quase todos os ensaios estabelecidos na ABNT NBR 14810-2 (2013), quando submetido aos ensaios físicos e mecânicos, podendo estar diretamente ligado a sua densidade mais elevada nas partículas em relação a *Tectona grandis* e como os resultados ficaram muito próximos ao enquadramento da norma, a opção de ampliação dessa densidade para 800 kg/m³ certamente traria o painel para dentro das condições desejáveis, mas acarretaria em um painel mais denso, consumindo mais matéria prima e maior custo, o que poderia ser um obstáculo que inviabilizaria sua produção.

Os painéis T2, T3, T4 e T5 ficaram dentro ou um pouco acima dos limites estabelecidos na NBR 14810-2 (2013) dando a estas, condições para adaptação na indústria de painéis, com aplicação de melhorias no controle de processo e ajustes nas variáveis como umidade e densidade para se obter um painel mais adequado as exigências do mercado.

De modo geral, os painéis T3 contendo 50% de partículas de cada material, estiveram sempre dentro das melhores condições, tanto em ensaios físicos quanto ensaios mecânicos aplicados, mostrando-se mais homogêneos e mantendo uma boa estabilidade dimensional nos ensaios de densidade, teor de umidade, inchamento em espessura, como também apresentaram resultados muito bons nos ensaios mecânicos como MOR e MOE, tração perpendicular, tração superficial, arrancamento de parafusos face e topo, como também boa resistência ao esmagamento superficial por aplicação de força em esfera, quando submetido ao ensaio de dureza Janka;

Na tração superficial ficou mais nítido a diferença entre os painéis, cujos valores obtidos variaram em um escalar crescente à medida que se adicionava partículas de teca ao conjunto, dando a entender que o preenchimento mais homogêneo da mistura e diminuição de espaços vazios no painel fortaleceram a resistência interna e externa dos painéis com maior volume de partículas de *Tectona grandis* na constituição dos painéis.

Em comparação com outros trabalhos na mesma linha de pesquisa, e que se utilizaram resinas diversas para produção de painéis aglomerados, a resina poliuretana a base de mamona AG101 na adição de 10% de massa seca total se mostrou ideal para a produção de painéis particulados, sendo de fácil aplicação e sem emissão de fumos ou vapores tóxicos, gerando um painel resistente e de consistência sólida, podendo ter influenciado tanto na baixa deformação quanto na baixa absorção de água, possuindo ainda uma resistência elevada nos ensaios mecânicos dos painéis investigados, se comparado com demais trabalhos que utilizaram de resinas a base de fenóis, álcoois, ureia-formaldeído, resinol, melanina, polivinil e outros;

Com relação aos ensaios de Microtomografia 3D, foi possível notar com a análise milímetro por milímetro dos programas tridimensionais que à medida que se adicionou partículas de teca na mistura com a *Corymbia*, o número de espaços vazios entre o arranjo de partículas compactadas foram ficando cada vez menores, sugerindo que quanto maior a quantidade na adição de partículas da teca inseridas no painel, maior foi o grau de compactação do colchão de partículas, e menores foram os espaçamentos e vazios encontrados no painel produzido;

Na análise dos 5 traços de painéis produzidos, a densitometria aplicada com teor de umidade a 12%, os valores captados no densitometro QDP 01-X ficaram um pouco acima dos valores de densidade aparente coletadas em laboratório, com teores de umidade entre 8,36 e 9,47%, mas mantiveram semelhança no padrão, onde a densidade dos painéis contendo mais *Corymbia citriodora* se mantiveram valores de densidade um pouco mais elevados que as partículas de *Tectona grandis*, como sugere a literatura científica;

As análises tridimensionais com uso de métodos de raios X em painéis de madeira colaboram muito para o entendimento dos fenômenos que ocorrem entre o processamento, produção e testes dos painéis aglomerados, podendo ser uma excelente ferramenta para aperfeiçoar o desenvolvimento de novos métodos de produção e ampliar o conhecimento industrial para produção em série com maior eficiência e segurança;

7. SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS

- Confeccionar painéis com partículas de teca em granulometrias variadas com partículas de algumas espécies de eucalipto, pinus e madeiras nativas de diferentes densidades ou fibras de espécies de bambu;
- Efetuar um maior controle na secagem das partículas, no ciclo de prensagem do colchão de partículas, controle de umidade para aproximar o mais próximo possível da padronização realizada no ciclo industrial;
- Fabricar painéis de MDF, MDP, OSB e de partículas aglomeradas de teca com variação dos teores de resina poliuretana em 10% da massa seca;
- Melhorar o método de distribuição da resina com novos teores de resinas poliuretana afim de baratear o processo produtivo;
- Efetuar ensaios de usinagem e desgaste de ferramenta, rugosidade, vibração e emissão acústica na usinagem dos painéis aglomerados de *Tectona grandis* e *Corymbia citriodora*;
- Ampliar o leque de análises tridimensionais em raios X para painéis particulados como OSB, MDP, MDF e avaliar a capacidade de distribuição das partículas com aplicação de ensaios não destrutivos de raios X em grande escala.
- Análise do fator de empacotamento, grau de compactação e análise de adesão interna nos painéis produzidos nas mesmas condições de trabalho

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 14810: **Chapas de madeira aglomerada**. Rio de Janeiro: ABNT, 2013. v.2, 124p.
- ALCÂNTRA, B. K.; PIZZAIA, D.; PIOTTO, F. A.; BORGO, L.; BRONDANI, G. E.; AZEVEDO, R. **Atemporal dynamics of the response to AI stress in *Eucalyptus grandis* × *Eucalyptus camaldulensis***. Anais da academia brasileira de ciências, rio de janeiro, v. 87, n. 2, p. 1063-1070. 2015.
- AMARAL, A.C.B.; TOMAZELLO FILHO, M. **Avaliação das características dos anéis de crescimento de *Pinus taeda*, através da densitometria de raios X**. Revista Ciência e Tecnologia, Piracicaba, v.11/12, n.6, p.17-23, 1998.
- AMERICAN NATIONAL STANDARD – ANSI. **Mat-formed wood particleboard: Specification ANSI/A 208.1. 1993**. Gaithersburg: National Particleboard Association, 1993. 9p.
- ANDRADE, A. C. de A., SILVA F. A. V., SILVA, J. R. M. da, OLIVEIRA, M. B., LIMA, J.T., MOULIN J.C., BRAGA JÚNIOR R.A., **Rugosidade da superfície usinada de madeiras de *Corymbia* e *eucalyptus***- (II CBCTEM 2015) II Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira Belo Horizonte - 20 a 22 set 2015.
- ANBG-CENTRE FOR AUSTRALIAN NATIONAL **Biodiversity Research**: consultado em 12/01/2019. Disponível em: http://www.anbg.gov.au/cpbr/cd-keys/euclid3/euclidsample/html/Corymbia_citriodora.htm, 2016.
- ANGELI, A.; STAPE, J.L. 2003. **Identificação de espécies florestais**: *Tectona grandis* (Teca). Piracicaba: Copyright, IPEF. Acesso em: 10/08/2019. Disponível em: <http://www.ipef.br/identificacao/tectona.grandis.asp>.
- ANJOS E SILVA, et. al. **A cultura da mamona na região de clima temperado**: informações preliminares. ISSN 1516-8840-dezembro, 2005. consultado em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/745129/1/documento149.pdf>.
- ARAUJO, C. K. C.; CAMPOS, C. I.; CAMARGO, S.K.C.A.; CAMARGO, B. S. **Caracterização mecânica de painéis particulados de média densidade produzidos a partir de resíduos de madeira**. Revista Gestão Industrial (Online), v. 15, p. 197-211, 2019.
- BELINI, U. L. (2007). **Caracterização e alterações na estrutura anatômica da madeira do *Eucalyptus grandis* em três condições de desfibramento e efeito nas propriedades tecnológicas de painéis MDF**. Universidade de São Paulo.
- BELINI, U. L.; TOMAZELLO FILHO, M.; CHAGAS, M. P. **Densitometria de raios X aplicada na avaliação tecnológica de painéis MDF de eucalipto**. Scientia forestalis, Piracicaba, v37, n. 84, p. 343-350, dez. 2009.
- BELINI, U. L.; TOMAZELLO FILHO, M.; LOUZADA, J. L. P.; RODRIGUES, J. C.; **Aspectos anatômicos e tecnológicos de painéis confeccionados com fibras de eucalipto e cana-de-açúcar**. Cerne, Lavras, v16, suplemento, p. 48-52, jul.2010.
- BELINI, U. L.; TOMAZELLO FILHO, M.; LOUZADA, J. L. P.; RODRIGUES, J. C.; **Aspectos anatômicos e tecnológicos de painéis confeccionados com fibras de eucalipto e cana-de-açúcar**. Cerne, Lavras, v16, suplemento, p. 48-52, jul.2010.

- BELINI, U. L.; TOMAZELLO FILHO, M.; MENDES, L. M.; LEITE, M. K.; LIMA, P. M. R.; **Teor de sílica em compósitos confeccionados com bagaço de cana-de-açúcar e eucalipto**. Floresta e ambiente 2012; 19(2):250-256.
- BELINI, U.L.; TOMAZELLO FILHO, M.; CASTRO, V.R.; MUNIZ, G.I.B.; LASSO, P. R. O.; VAZ, C. M. P. **Microtomografia de raios X (micro CT) aplicada na caracterização anatômica da madeira de folhosas e coníferas**. Floresta e Ambiente, Rio de Janeiro. v.18, n.1, p.30-36, 2011.
- BIANCHE, J. J., TEIXEIRA, A. P. M., LADEIRA, J. P. S., CARNEIRO, A. DE C. O., CASTRO, R. V. O., & DELLA LUCIA, R. M. (2017). **Cisalhamento na Linha de Cola de Eucalyptus sp. Colado com Diferentes Adesivos e Diferentes Granulometrias**. Floresta e Ambiente, 24, e00077114. Epub August 03, 2017.
- BIANCHE, J.J. **Interface madeira-adesivo e resistência de juntas coladas com diferentes adesivos e granulometria**. 2014, 85p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2014.
- BOLAND, D.; BROKER, M. H.; CHIPPENDALE, G. M.; HALL, N.; HYLAND, B. P. M.; JOHNSTON, R. D.; KLEINING, D. A.; MCDONALD, M. W.; TURNER, J. D. **Forest trees of Australia**. Melbourne: CSIRO, 2006. 736 p.
- BOLEY, J. D., DREW, A. P., ANDRUS, R. E., 2009. **Effects of active pasture, teak (*Tectona grandis*) and mixed native plantations on soil chemistry in Costa Rica**. For. Ecol. Manag. 257, 2254–2261.
- BORGES, L. M.; QUIRINO, W. F. (2004). **Higroscopicidade da madeira de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* tratado termicamente**. Revista Biomassa & Energia, v.1, n.2, p.173-182.
- BRUCKER.COM. <https://www.bruker.com/pt/products/microtomography/micro-ct-for-sample-scanning/skyscan-1174/technical-details.html> (consultado em maio de 2020).
- BUENO, M. A. P., **Painéis de *médium density fiberboard* fabricado com bagaço de cana-de-açúcar e madeira de Reflorestamento**, Dissertação (Mestrado) Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia, Bauru, 2014.
- BUENO, M. A. P., **Caracterização físico, mecânica e de usinagem para compósitos MDF a base de fibras lignocelulosicas**. Tese (Doutorado) Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia, Bauru, 2019.
- CAMACHO, P. 2011. **Oral communication at the Conferência Mundial de Teca**, San José, Costa Rica, 31 October–2 November 2011.
- CHRISTOFORO, A. L., SILVA, S. A. M. DA, BARBOSA, J. C., RIBEIRO FILHO, S. L. M., PANZERA, T. H., & LAHR, F. A. R. (2015). **Produção de chapas de partículas com resíduos de madeira *Cordia goeldiana***. Engenharia Agrícola, 35(2), 368-377. <https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v35n2p368-377/2015>
- CHUDNOFF, M., **U.S.D.A. Wood Technology Transfer Fact Sheet**. Madison, WI 53705-2398 (608) 231 9200, Forest Service Forest Products Laboratory One Gifford Pinchot Drive - Arquivo March 2007. Consultado em 10/06/2019. Disponível em: http://www2.fpl.fs.fed.us/TechSheets/Chudnoff/SEAsian_Oceanic/htmlDocs_seasian/tectonagrandis.html.
- COUTINHO, F. M. B.; DELPECH, M. C. **Poliuretanos como materiais de revestimento de superfície**. Polímeros, São Carlos, v. 9, n. 1, p. 41-48, 1999.

Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-14281999000100006&lng=pt&nrm=iso>. acessos em 29 ago. 2020. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-14281999000100006>.

DIAS, A. A., AZAMBUJA, M., OLIVEIRA S. F. JR. **Análise estatística comparativa entre adesivos poliuretanos frente ao resorcinol-formaldeído aplicados em emenda dentada estrutural para espécie *Eucalyptus grandis***. In: Anais do XVII Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais - CBECIMat; 2006; Foz do Iguaçu. São Paulo: IPEN; 2006.

DIAS, B. L. N., **Aplicações multidisciplinares da microtomografia de raios X e sua utilização na caracterização e análises não-destrutivas de materiais**, R. bras. Fís. Tecnol. apl., Ponta Grossa, v. 4, n. 2, p. 26-41, dez. 2017.

DIAS, F. M. (2005). **Aplicação de adesivo poliuretano à base de mamona na fabricação de painéis de madeira compensada e aglomerada**. Tese de Doutorado, Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade de São Paulo, São Carlos. doi:10.11606/T.88.2005.tde-31082009-105836. Recuperado em 2020-07-26, de www.teses.usp.br.

DICKINSON, G. R. (2013). **Reproductive biology, hybridisation and gene flow of *Corymbia torelliana* and *Corymbia Citriodora***. PhD thesis, University of the Sunshine Coast, Queensland, Australia.

EBNESAJJAD, S. (**Adhesives Technology Handbook**. Adhesives Technology Handbook, 2009.

EBNESAJJAD, S. **Adhesives Technology Handbook**. 2 nd ed. New York: William Andrew Inc, 2008. 363p.

EUCLID ONLINE. **Sample-Third Edition Center for Plant Biodiversity Research**. http://www.publish.csiro.au/samples/euclidsample/html/Corymbia_citriodora.htm. Arquivo consultado em 22/05/2019.

EUCLID SAMPLE GLOSSARY ***Corymbia Citriodora* (Hook.)** K.D. Hill& L.A.S. Johnson, *Telopea* 6:388(1995). Acessado em (05/08/2020).

EYRE, T. J., BUTLER, D. W., KELLY, A. L., WANG, J., **Effects of forest management on structural features important for biodiversity in mixed-age hardwood forests in Australia's subtropics** *For. Ecol. Manag.*, 259 (2010), pp. 534-546

FAO. 2015. **Global teak trade in the aftermath of Myanmar's log export ban by Kollert, W. &Walotek, P.J.** *Planted Forests and Trees Working Paper FP/49/E*. Rome, Italy (<http://www.fao.org/forestry/plantedforests/67508@170537/en/>)

FERNANDES, J. S. et al. **Determination of the Representative Elementary Volume for the study of sandstones and siltstones by X-Ray microtomography**, *Mat. Res*, 15, 4, pp.662-670, 2012.

FERRAZ, E. S. B.; TOMAZELLO FILHO, M. **Uso de métodos nucleares nos estudos da qualidade da madeira**. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 3., 1978, Manaus. Anais... Manaus: Ed. SBS, 1978.

FERREIRA, O. P. (Coord). **Madeira: uso sustentável na construção civil**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2003. 60 p. (Publicação IPT, 2980).

- FIORELLI, J. **Estudo teórico e experimental de vigas de madeira laminada colada reforçadas com fibra de vidro**. 2005. 108f. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005
- FIORELLI, J.; DIAS, A. A.; COIADO, B., **Propriedades mecânicas de peças com dimensões estruturais de Pinus spp: correlação entre resistência à tração e classificação visual**. Revista Árvore, v.33, n.4, p.741-750, 2009.
- FOELKEL, C. E. B., BRASIL, M. A. M., & BARRICHELO, L. E. G. **Métodos para determinação da densidade básica de cavacos para coníferas e folhosas**. IPEF, Piracicaba, 2(3), 65-74, (1971).
- FOELKEL, C.E.; MORA, E.; MENOCELLI, S. **Densidade básica: sua verdadeira utilidade como índice de qualidade da madeira de eucalipto para produção de celulose**. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6., Campos do Jordão, 1990. Anais... Campos do Jordão: 1990. p.719- 728.
- FRIEDLAND G, THURBER B (1996) **The birth of CT**.AJR Am J Roentgenol 167:1365–1371
- FRIEDMAN, J.; HASTIE, T.; TIBSHIRANI, R. **The Elements of Statistical Learning**. v.7. Berlin: Springer, 2008.
- GONÇALVES, F. G., LELIS, R. C. C., CARVALHO, A. M. de, & TOMAZELLO FILHO, M., (2018). **DENSITOMETRIA DE RAIOS X NA AVALIAÇÃO DA DENSIDADE EM PAINÉIS DE PARTÍCULAS**. Ciência Florestal, 28(3), (consultado em dezembro 2019) 1151-1162. <https://doi.org/10.5902/1980509833382>
- HALLETT, J. T., DÍAZ-CALVO, J., VILLA-CASTILLO, J., WAGNER, M. R., **Teak Plantations: Economic Bonanza or Environmental Disaster?** *Journal of Forestry*, Volume 109, Issue 5, July 2011, Pages 288 –292,
- HASELEIN, C. R. **Análise de parâmetros para a fabricação de chapas de partículas aglomeradas de madeira de eucalipto (Eucalyptus grandis W. Hill ex Maiden) e embaúva (Cecropia sp.)**. 75 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1989.
- HILL, K. D., JOHNSON, L. A. S. **Corymbia citriodora (Hook.)** pesquisado em (05/20200). <http://florawww.eeb.uconn.edu/>(consultado em agosto de 2018), (<http://florawww.eeb.uconn.edu/200400077.html>)
- HILL, K. D.; JOHNSON, L. A. S. **Systematic studies in the eucalyptus 7: a revision of the bloodwoods, genus Corymbia (Myrtaceae)**. Telopea, Sydney, v. 6, p. 173-505, 1995.
- HILLIG, E. **Qualidade de chapas aglomeradas estruturais, fabricadas com madeiras de Pinus, Eucalipto e Acácia negra, puras ou misturadas, coladas com tanino-formaldeído**. 96 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2000.
- 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.
- IBÁ- **Indústria Brasileira de Árvores**- Relatório anual 2019. (Consultado em 21/07/20190 <https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/iba-relatorioanual2019.pdf>

- IRLE, M., BARBU M. C. **Wood-based panel technology**. In: THOEMEN H, IRLE M, SERNEK M. Wood-based panels: an introduction for specialists. London: Brunel University Press; 2010. p. 1-90.
- IWAKIRI S, CUNHA A. B, PRATA J. G, BRAZ R. L, CASTRO V. G, KAZMIERCZAK S, et al. **Produção de painéis compensados com lâminas de madeira de e resina ureia-formaldeído. *Sequoia sempervirens* Floresta**. 2012; (pesquisado em maio 2020) 42(4):809-816. <http://dx.doi.org/10.5380/rev.v42i4.25688>.
- IWAKIRI, S. CRUZ, C. R.; OLANDOSKI, D. P.; BRAND, M. A. **Utilização de resíduos de serraria na produção de chapas de madeira aglomerada de *Eucalyptus salina*, *Eucalyptus citriodora* e *Eucalyptus pílulas***. Floresta e Ambiente, Seropédica, v. 7, n. 1, p. 251-256, 2000.
- IWAKIRI, S. **Painéis de madeira reconstituída**. Curitiba: FUPEF, 2005. 247p.
- IWAKIRI, S; STINGHEN, A. B. M; SILVEIRA, E. L; ZAMARIAN, E. H. C; PRATA, J. G.; BRONOSKI, M. **Influência da massa específica sobre as propriedades mecânicas de painéis aglomerados**. Floresta, Curitiba, v. 38, n. 03, p. 487-493, 2008.
- JESUS, J. M. H. **Estudo do adesivo poliuretano à base de mamona em madeira laminada colada (MLC)** [tese]. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo; 2000.
- JESUS, J. M. H.; CALIL Jr, C.; CHIERICE, G. O. (2000). **Resistência ao cisalhamento do adesivo poliuretano à base de mamona: parâmetros de colagem**. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRA E EM ESTRUTURA DE MADEIRA, 7, 2000, São Carlos. Proceedings... São Carlos: EESC; USP.
- KOLLERT W., WALOTEK P.J., 2015. **Global teak trade in the aftermath of Myanmar's log export ban**. *Planted Forests and Trees Working Paper* 049. Rome, Italy: FAO. <http://www.fao.org/forestry/plantedforests/67508@170537/en>
- KOLLERT, W. & CHERUBINI, L. 2012. **Teak resources and market assessment 2010**. FAO Planted Forests and Trees Working Paper FP/47/E, Rome, FAO (consultado de www.fao.org/docrep/015/an537e/an537e00.pdf)
- LADIGES, P. Y., UDOVICIC, F., DRINNAN, A. (1995). **Eucalypt Phylogeny - Molecules and Morphology**. Australian Systematic Botany. 8. 483. 10.1071/SB9950483.
- LADIGES, P. Y.; UDOVICIC, F. **Comment on a new classification of the Eucalypts**. Australian Systematic Botany, Colingwood, v. 13, n. 1, p. 149-152, 2000.
- LASSO P. R. O, VAZ C. M. P, NAIME J. M. **Recomendações para utilização do microtomógrafo de raios X Sky Scan 1172**. em ciências agrárias e biológicas. Documentos 37 2008.
- LOPES, A. P. et al., **Análise tridimensional de rochas por meio de microtomografia computadorizada de raios X integrada à petrografia**, Geociências, v.31, n.1, 2012
- LORENÇON, T.; GATTO, D.; MATTOS, B.; DELUCIS, R. **Propriedades físicas da madeira de *Corymbia Citriodora* no sentido radial**. Scientia Forestalis, Piracicaba, v. 41, n. 99, p. 369-375, 2013.

- MABBERLEY, D. J. 2008. **Mobberley's plant book: a portable dictionary of plants, their classifications, and uses.** 3 ed. Cambridge: Cambridge University Press 1040p
- MALONEY, T. M. (1977). **Modern Particleboard & Dry-Process Fiberboard Manufacturing.** San Francisco. 672p.
- MALONEY, T. M. **Modern particleboard & dry-process fiberboard manufacturing.** San Francisco: Miller Freeman Inc., 1993, 681p.
- MARCHIORI, J. N. C.; SOBRAL, M. **Dendrologia das Angiospermas. Myrtales.** Santa Maria: Ed. da UFSM, 1997. 304 p.
- MARRA, A. A. **Technology of wood bonding: principles in practice.** New York: Van Nostrand Reinhold, 1992.
- MARRA, G. **Overview of wood as a material.** J. Educational Modules for Materials Science and Engineering. 1(4):699-710, 1979.
- MARTINS, H. E. et al. **painéis aglomerados convencionais produzidos com madeira de *Cecropia pachystachya*.** ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer -Goiânia, v.10, n.19; p. 2014.
- MAYO S., CHEN F., EVANS R. **Micron-scale 3D imaging of wood and plant microstructure using high-resolution X-ray phase-contrast microtomography.** Journal of Structural Biology 2010; 171(2):182-188. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsb.2010.04.001>
- MELO, C.A.F.; SOUZA, M. M.; VIANA, A. P.; SANTOS, E. A.; SOUZA, V. O.; CORRÊA, R. X. **Morphological characterization and genetic parameter estimation in backcrossed progenies of *Passiflora* L. for ornamental use.** Scientia Horticulturae, v.212, 2016, 91–103.
- MELO, R. R.; DEL MENEZZI, C. H. S. **Influência da massa específica nas propriedades físico-mecânicas de painéis aglomerados.** Silva Lusitana, Oeiras - Portugal, v. 18, p. 59-73, 2010.
- MENDES, R. F.; MENDES, L. M.; GUIMARÃES JUNIOR, J. B.; SANTOS, R. C.; CÉSAR, A. A. S. **Efeito da associação de bagaço de cana, do tipo e do teor de adesivo na produção de painéis aglomerados.** Ciência Florestal, Santa Maria, v. 22, n. 1, p. 161-170, jan.-Mar, 2012.
- MENEZZI, C. H. S. DEL; SOUZA, M. R.; GONÇALES, J. C. **Fabricação e avaliação tecnológica da chapa aglomerada de mistura de *Eucalyptus urophylla* T. S. Blake e *Pinus oocarpa* Schiede.** Revista Árvore, v.20, p.371-379, 1996.
- MORAIS, E.; ZANOTTO, A. C. S.; FREITAS, M. L. M.; MORAES, M. L. T.; SEBBENN, A. M. **Variação genética, interação genótipo solo e ganhos na seleção em teste de progênies de *Corymbia citriodora* Hook em Luiz Antônio, São Paulo.** Scientia Forestalis, Piracicaba, v. 38, n. 85, p. 11-18, mar. 2010.
- MOURA G. S, FRANZENER G. (2014) **Anatomia foliar de *Corymbia citriodora* (Hook.) K.D. Hill & L.A.S. Johnson oriundas da região noroeste do Paraná.** Revista Biologia Neotrop 11:116–123
- NAKANO, K., ANDO, K., TAKIGAWA, M., AND HATTORI, N. (2018). **“Life cycle assessment of wood-based boards produced in Japan and impact of**

formaldehyde emissions during the use stage,” Int. J. Life Cycle Assoc. 23(4), 957-969. DOI: 10.1007/s11367-017- 1343-6

NAPOLI, L. M. et al. **Propriedades físicas da Madeira e de painéis aglomerados produzidos com misturas de espécies florestais.** Floresta, v. 43, n. 3, p. 475-484, 2013.

NASCIMENTO, M. F.; CHRISTOFORO, A. L.; BERTOLINI, M.S.; CHAHUD, E.; ROCCO LAHR, F. A. **Painéis de partículas homogêneas fabricados com espécies de manejo da região da Caatinga do Brasil.** Revista Construindo, v.5, p.1-10, 2013.

NASCIMENTO, M. F.; ROCCO LAHR, F. A. **Emprego de Algaroba (Prosopis juliflora) na produção de chapas de partículas homogêneas.** Revista Minerva, Mexicali, v. 4, p. 51-56, 2007.

NASCIMENTO-DIAS, B. L., et al. **Utilization of non-destructive techniques for analysis of the Martian meteorite NWA 6963 and its implications for astrobiology.** X-Ray Spectrometry.Wiley Online Library, p. 1-6, 2017.

NEGRÃO, W. H.; SILVA, S. A. M. DA; CHRISTOFORO, A. L.; LAHR, F. A. R. **Painéis aglomerados fabricados com mistura de partículas de madeiras tropicais.** Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 14, n. 3, p. 103-112, jul./set. 2014.ISSN 1678-8621 Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído.

OLIVEIRA, B. U., (2012). **Microdensitometria de Raios X Aplicada na Determinação da Variação da Densidade do Lenho de Árvores de Eucalyptus grandis W. Hill.** Scientia Forestalis, Forest Sciences. 40. 103-112.

OLMOS, M. A. C. (1992). **Equipamento e Processo de Fabricação de Chapas de Madeira Aglomeradas a partir de Resíduos de Madeira.** Dissertação de Mestrado. 110p. São Carlos.

PACKHAM, D. E. 2005. **Handbook of Adhesion.**2 ed. West Sussex, ENG: John Wiley & Sons.

PACKHAM, D. E. **Surface roughness and adhesion. Surfaces, Chemistry and Applications.** Midland, USA: Elsevier B.V., 2003. 317-349 p.

PALANISAMY, K., K. GIREESAN, V. NAGARAJAN and M. HEGDE (2009): **Selection and clonal multiplication of superior trees of teak (Tectona grandis L.) and preliminary evaluation of clones.** Tropical Forest Science, 21(2): 168–174.

PELISSARI, A. L.; GUIMARÃES, P. P.; BEHILING A.; EBLING A. A. **Cultivo da Teca: Características da espécie para implantação e condução de povoamentos florestais.** Agrarian Academy, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v. 1, n. 1, 128 p. 2014.

PRYOR L. D and JOHNSON L. A. S (1971) **A Classification of the Eucalypts,** Australian National University, Canberra.

PRYOR L. D, JOHNSON L. A. S (1981) **Eucalyptus, the universal Australian.** In: Keast A, editor. Ecological biogeography of Australia. The Hague: Dr. W. Junk Publishers. pp. 499–536.

PRZYBYSZ, M. e MACHADO, G.; CHRISTOFORO, A. L.; SILVA, M. R. da; JUNIOR, C. C. **Resistencia Biológica a Fungos Xilófagos da Madeira de Pinus Oocarpa**

Termorretrificada. Revista Madeira: Arquitetura e Engenharia, v.14, n. 35, p.25 a 32. 2013. ISSN: 2237-7964

QUINTEK MEASUREMENT SYSTEMS. QMS: **Density Profiler Model QDP-01X.** Users Guide. Knoxville; 1999.

QUIRINO, W. et al. **Densitometria de raios x na análise da qualidade de briquetes de resíduos de madeira:** X Ray densitometry for waste wood briquettes analysis. **Scientia Forestalis.** 40(96):525-536, 2012.

RAZENA, D. L. **Estudo sobre as interações entre as variáveis do processo de produção de painéis aglomerados e produtos moldados de madeira,** Tese Universidade Federal do Paraná UFPR- Curitiba, 2006 -144 pg.

REIS A. F. et. al. **Corymbia Citriodora: estado da arte de pesquisas no Brasil** [recurso eletrônico] / Cristiane Aparecida Fioravante Reis... [et al.]. Dados eletrônicos - Colombo: Embrapa Florestas, 2013. (Documentos / Embrapa Florestas, ISSN 1980-3958; 255)

ROCHA, H. F.; LEONARDO, F. V. S.; OLIVEIRA, A. C. **Plantios comerciais de Tectona grandis L. f. no Brasil.** N Multitemas, v.1, n. 48, p. 9-28, 2015.

ROSSI, A. S.; DRESCHER, R.; PELISSARI, A. L.; LANSSANOVA, L. R. **Relação hipsométrica e crescimento de Tectona grandis L. f. no município de Monte Dourado, Pará.** Scientia Forestalis, v. 39, n. 91, p. 301–307, 2011.

ROZEFELDS, A. C., (1996). **Eucalyptus phylogeny and history: A brief summary.** TASFORESTS. 8. 15-26.

SANCHES, F. L. et al. **Resistência de painéis aglomerados produzidos com mistura de madeira de espécies florestais tradicionais e não tradicionais.** Ciência Florestal, v. 26, n. 2, p. 559-569, 2016. DOI: 10.5902/1980509822756.

SANDAK, J., TANAKA C., OHTANI T., (2004) Evaluation of surface smoothness by a laser displacement sensor II: comparison of lateral effect photodiode and multielement array. Journal of Wood Science (2004) 50:22-27

SEGURA, T. E. S. **Avaliação das madeiras de Corymbia citriodora, Corymbia torelliana e seus híbridos visando à produção de celulose Kraft branqueada.** 2015. 198 f. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

SILVA, G. A. et al. **Estimativa de umidade de equilíbrio de painéis de madeira.** Scientia Forestalis, n.70, p.23-29, 2006

SILVA, S. A. M.; CHRISTOFORO, A. L.; GONCALVES, R.; ROCCO, F. A. L. **Strength Properties of Medium Density Fiberboards (MDF) Manufactured with Pinus elliottii wood and Polyurethane Resin Derived from Castor Oil.** International Journal of Composite Materials, v. 3, p. 7-14, 2013.

SIQUEIRA, K. P. **Variabilidade da massa específica de Pinus taeda L. em diferentes classes de sítio.** 2004. 43p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004

SUCHSLAND, O., AND WOODSON, G. E. 1986. **Fiberboard manufacturing practices in the United States.** USDA Forest Service. Agriculture Handbook No. 640.263 p.

SURDI, P. G., BORTOLETTO JR., G., CASTRO, V. R., MENDES, R. F., ALMEIDA, N. F. de, & TOMAZELLO FILHO, M. (2014). **Relação entre perfil de densidade e ligação interna de painéis OSB de Pinus spp.** Floresta e Ambiente, 21(3), 349-357. Epub August 01, 2014. <https://doi.org/10.1590/2179-8087.063413>.

SUZUKI, S., MIYAMOTO, K. **Effect of manufacturing parameters on the linear expansion and density profile of particleboard.** *J Wood Sci* 44, 444–450 (1998). <https://doi.org/10.1007/BF00833408>.

TANAKA, N.; HAMAZAKI, T.; VACHARANGKURA, T. **Distribution, growth, and site requirements of teak.** Japan Agricultural Research Quarterly, v. 32, p. 65–77, 1998.

TOMAZELLO FILHO, M. **Formação e caracterização da estrutura anatômica da madeira de Eucalyptus.** In: CURSO DE PROCESSAMENTO MECÂNICO E SECAGEM DA MADEIRA DE Eucalyptus. Piracicaba: IPEF, 1994.

TOMAZELLO FILHO, M.; BRAZOLIN, S.; CHAGAS, M.P.; OLIVEIRA, J.T.S.; BALLARIN, A.W. **Aplication of X-ray techique in nondestructive evaluation of eucalypt wood.** Madera: Ciencia y Tecnologia, Concepción, v.10, n.2, p.139-149, 2008.

TOMAZELLO FILHO, M.; BRAZOLIN, S.; CHAGAS, M.P.; OLIVEIRA, J.T.S.; BALLARIN, A.W.; BENJAMIN, C.A. **Application of X-ray technique in nondestructive evaluation of eucalypt wood.** Maderas, Ciência y Tecnologia, Concepción, v.10, n.2, p.139-149, 2008.

TONISSI, J.L. (1988). **Madeira e seus Derivados na Construção Civil.** Dissertação de Mestrado. São Carlos – SP. 137p.

VARANDA L. D., ALVES MCS, GONÇALVES M. T. T, SANTIAGO L. F. F. **A influência das variáveis do lixamento tubular na qualidade das peças de Eucalyptus grandis.** *Cerne* 2010; vol.16: págs. 23-32.

VIEIRA M. C, BRITO E. O, GONÇALVES F. G. **Evolução econômica do painel compensado no Brasil e no mundo.** Floresta e Ambiente, 2012; 19 (3): 277-285. [Links] <http://dx.doi.org/10.4322/floram.2012.033>

WONG E. D, ZHANG M., WANG Q., KAWAI S. **Formation of the density profile and its effects on the properties of particleboard.** *Wood Science and Technology* 1999; 33: 327-340. <http://dx.doi.org/10.1007/s002260050119>

WOOD HANDBOOK (2010) — Forest Products Laboratory. 2010. **Wood as an engineering material.** General Technical Report FPL-GTR-190. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. 508 p

WOOD HANDBOOK. **Wood as an Engineering Material.** Agric. Handb. 72. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture; rev. 1987.

YOUNGQUIST, J. A. et al. **Mechanical and physical properties of air formed wood-fiber/polymer-fiber composites.** Forest Products Journal, v. 42, n. 6, p. 42-48, 1992.

APÊNDICE A - ENSAIOS FÍSICOS PARA ANÁLISE DE DENSIDADE

Densidade Corymbia (Cc) 100%													
Painel	Posição	Corpo de Prova	Lado A [mm]	Lado B [mm]	Lado C [mm]	Lado D [mm]	Ponto 1 [mm]	Ponto 2 [mm]	Ponto 3 [mm]	Ponto 4 [mm]	Ponto 5 [mm]	Massa [g]	Densidade kg/m³
T 1-1	P 5	CP 1	50,03	50,07	50,44	50,31	11,32	11,66	11,37	11,40	11,38	22,48	780,34
	P 8	CP 2	50,05	50,30	50,01	50,00	11,65	11,75	11,81	11,76	11,81	24,14	818,42
T1- 2	P 5	CP 3	50,31	50,25	50,10	50,04	11,40	11,42	11,45	11,39	11,37	22,55	785,31
	P 8	CP 4	49,92	49,95	49,92	50,21	11,60	11,50	11,67	11,66	11,60	22,63	779,94
T1- 3	P 5	CP 5	50,05	49,94	50,30	50,24	11,51	11,39	11,33	11,53	11,43	22,96	798,70
	P 8	CP 6	50,26	49,96	49,88	49,92	11,50	11,66	11,78	11,65	11,63	23,14	794,76
T1- 4	P 5	CP 7	50,23	50,17	50,40	50,23	11,70	11,65	11,61	11,63	11,64	23,32	792,78
	P 8	CP 8	50,11	50,03	50,23	50,26	11,78	11,92	11,95	11,80	11,97	23,65	791,04
T1- 5	P 5	CP 9	50,14	50,23	50,25	50,30	11,49	11,45	11,50	11,57	11,47	22,60	779,18
	P 8	CP 10	50,24	50,23	49,93	50,37	11,45	11,58	11,70	11,45	11,53	22,57	776,20

Densidade Corymbia (Cc) 75% +Teca (Tc) 25%													
Painel	Posição	Corpo de Prova	Lado A [mm]	Lado B [mm]	Lado C [mm]	Lado D [mm]	Ponto 1 [mm]	Ponto 2 [mm]	Ponto 3 [mm]	Ponto 4 [mm]	Ponto 5 [mm]	Massa [g]	Densidade kg/m³
T2- 1	P 5	CP 1	50,02	50,00	50,26	50,29	11,78	11,69	11,74	11,92	11,72	23,09	780,26
	P 8	CP 2	50,10	50,15	50,02	50,30	11,92	12,01	12,00	11,86	11,93	23,22	773,22
T2- 2	P 5	CP 3	50,16	50,31	50,20	50,25	11,71	11,65	11,67	11,68	11,72	22,67	768,88
	P 8	CP 4	50,11	50,15	49,78	50,31	11,85	11,93	11,96	11,84	11,96	23,07	772,24
T2- 3	P 5	CP 5	50,28	50,21	50,27	50,29	11,75	11,67	11,69	11,64	11,63	23,25	788,21
	P 8	CP 6	50,16	50,12	50,32	50,30	11,70	11,90	11,76	11,60	11,76	23,08	779,08
T2- 4	P 5	CP 7	50,05	50,01	50,20	50,38	11,75	11,67	11,75	11,72	11,67	23,10	783,91
	P 8	CP 8	50,11	50,10	50,14	50,22	11,73	11,76	11,82	11,74	11,76	22,76	769,63
T2-5	P 5	CP 9	50,07	50,14	50,19	50,35	11,83	11,72	11,89	11,84	11,75	23,36	785,56
	P 8	CP 10	50,14	50,20	49,90	50,31	11,84	11,93	12,02	11,89	11,93	22,92	764,79

Densidade Corymbia (Cc) 50% +Teca (Tc) 50%													
Painel	Posição	Corpo de Prova	Lado A [mm]	Lado B [mm]	Lado C [mm]	Lado D [mm]	Ponto 1 [mm]	Ponto 2 [mm]	Ponto 3 [mm]	Ponto 4 [mm]	Ponto 5 [mm]	Massa [g]	Densidade kg/m³
T3- 1	P 5	CP 1	50,05	50,14	50,12	50,12	11,85	11,82	11,87	11,85	11,86	22,47	755,23
	P 8	CP 2	50,11	49,85	50,15	50,25	11,85	12,03	12,04	12,01	11,95	23,24	773,44
T3- 2	P 5	CP 3	50,16	50,16	50,10	50,09	11,86	11,85	11,88	11,97	11,87	22,43	751,00
	P 8	CP 4	50,07	50,03	50,36	50,22	12,16	12,05	12,10	12,01	12,06	23,28	765,90
T3- 3	P 5	CP 5	50,02	50,03	50,18	50,20	12,08	12,00	12,04	12,02	12,04	21,73	719,07
	P 8	CP 6	50,11	50,05	50,28	50,35	12,15	12,24	12,13	12,06	12,11	23,04	753,31
T3- 4	P 5	CP 7	50,06	50,12	50,26	50,32	11,81	11,91	11,93	11,97	11,86	22,11	737,83
	P 8	CP 8	50,12	50,15	50,22	50,24	12,00	11,98	11,91	11,92	11,90	23,96	796,72
T3-5	P 5	CP 9	49,99	50,00	50,34	50,26	11,90	11,89	11,78	11,79	11,82	22,60	759,29
	P 8	CP 10	50,02	50,10	50,27	50,28	12,04	12,05	12,01	12,02	12,04	23,09	762,51

Densidade Corymbia (Cc) 25% + Teca (Tc) 75%													
Painel	Posição	Corpo de Prova	Lado A [mm]	Lado B [mm]	Lado C [mm]	Lado D [mm]	Ponto 1 [mm]	Ponto 2 [mm]	Ponto 3 [mm]	Ponto 4 [mm]	Ponto 5 [mm]	Massa [g]	Densidade kg/m³
T4- 1	P 5	CP 1	50,00	49,91	50,13	50,18	12,41	12,46	12,49	12,48	12,48	23,92	765,97
	P 8	CP 2	50,01	49,90	50,19	50,32	12,48	12,60	12,66	12,53	12,59	22,84	723,66
T4- 2	P 5	CP 3	50,06	50,02	50,26	50,28	12,39	12,37	12,38	12,35	12,39	23,27	747,46
	P 8	CP 4	50,01	49,92	50,09	50,25	12,51	12,53	12,55	12,57	12,58	24,34	773,81
T4- 3	P 5	CP 5	50,13	50,11	50,26	50,26	12,50	12,37	12,28	12,46	12,33	22,14	709,48
	P 8	CP 6	50,21	50,06	50,08	50,36	12,43	12,44	12,36	12,35	12,40	22,55	722,52
T 4-4	P 5	CP 7	50,13	50,07	50,29	50,22	12,20	12,18	12,27	12,22	12,17	23,14	752,84
	P 8	CP 8	50,02	49,86	50,25	50,24	12,35	12,31	12,40	12,42	12,35	23,29	750,58
T4- 5	P 5	CP 9	50,13	50,12	50,26	50,27	12,13	12,13	12,09	12,13	12,17	22,44	734,25
	P 8	CP 10	50,06	50,08	50,01	50,38	12,29	12,34	12,52	12,41	12,38	23,43	752,55

Densidade 100 % Teca (Tc)													
Painel	Posição	Corpo de Prova	Lado A [mm]	Lado B [mm]	Lado C [mm]	Lado D [mm]	Ponto 1 [mm]	Ponto 2 [mm]	Ponto 3 [mm]	Ponto 4 [mm]	Ponto 5 [mm]	Massa [g]	Densidade kg/m³
T5- 1	P 5	CP 1	50,14	50,18	50,27	50,33	12,23	12,24	12,19	12,22	12,28	22,66	734,24
	P 8	CP 2	50,07	50,23	50,20	49,91	12,35	12,23	12,24	12,33	12,32	22,64	733,61
T5- 2	P 5	CP 3	50,05	50,07	50,25	50,32	12,08	12,06	12,01	12,02	12,10	22,49	741,19
	P 8	CP 4	50,02	50,04	49,90	50,31	12,27	12,35	12,31	12,22	12,37	23,17	751,22
T5- 3	P 5	CP 5	50,11	50,00	50,37	50,32	11,86	11,82	11,78	11,82	11,80	22,83	766,71
	P 8	CP 6	50,01	50,02	50,27	50,42	12,04	12,18	12,15	12,07	12,14	23,43	767,99
T5- 4	P 5	CP 7	50,32	50,45	50,41	50,40	12,46	12,41	12,44	12,42	12,42	23,34	739,36
	P 8	CP 8	50,32	50,32	50,14	50,38	12,48	12,53	12,52	12,51	12,54	23,11	730,08
T5- 5	P 5	CP 9	50,44	50,39	50,27	50,12	12,11	12,19	12,16	12,04	11,97	22,54	736,48
	P 8	CP 10	50,37	50,38	40,42	50,41	12,12	12,25	12,22	12,18	12,08	22,23	798,43

Resultados do Ensaio de Densidade

Resultados	T1 (Cc) 100%	T2 (Cc) 75% +(Tc) 25%	T3 (Cc) 50% +(Tc) 50%	T4 (Cc) 25% +(Tc) 75%	T5 (Tc) 100%
Máximo	818,42	788,21	796,72	773,81	798,43
Média	789,67	776,58	757,43	743,31	749,93
Mínima	776,20	764,79	719,07	709,48	730,08
Desvio Padrão	12,64	7,93	20,60	20,37	21,70

Comprimento = (Lado A + Lado B)/2 - Comprimento do corpo de prova expresso em milímetros [mm]

Largura = (Lado C + Lado D)/2 - Largura do corpo de prova expresso em milímetros [mm]

Espessura = (Ponto 1 + Ponto 2 + Ponto 3 + Ponto 4 + Ponto 5)/5 - Espessura do corpo de prova expresso em milímetros [mm]

Volume = Comprimento * Largura * Espessura - Volume do corpo de prova expresso em milímetros cúbicos [mm³]

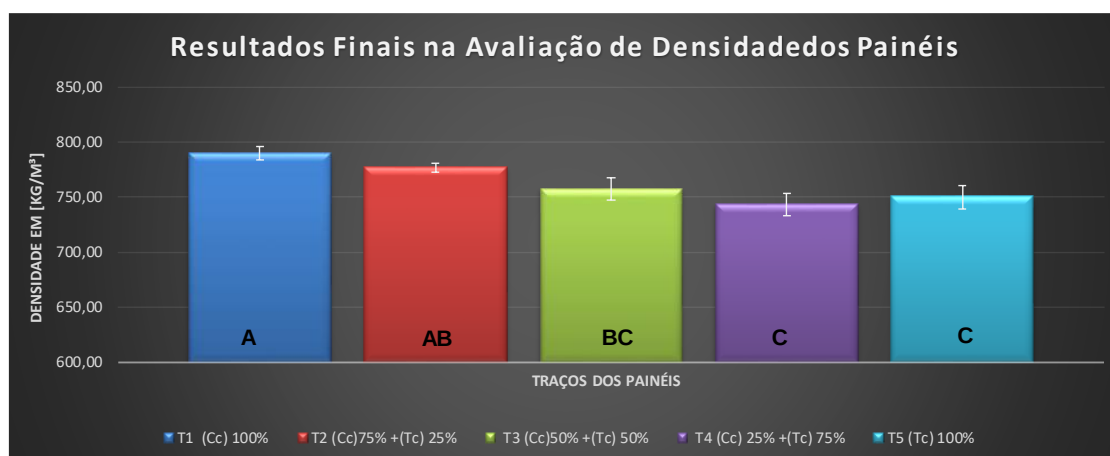
$\rho = m / V \rightarrow \rho = (m / V) * 1000000 \rightarrow$ Densidade em kg/m³

m = é a massa do corpo-de-prova - (Gramas [g])

(CC) → Corymbia

Volume (V) = ((A+B)/2) * ((C+D)/2) * ((P1+P2+P3+P4+P5)/5) - [mm³]

(TC) → Teca



Anova fator único- Densidade

Anova: fator único

RESUMO

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
T1 (Cc) 100%	10	7896,666814	789,6666814	159,7780522
T2 (Cc) 75% + (Tc) 25%	10	7765,766023	776,5766023	62,92740897
T3 (Cc) 50% + (Tc) 50%	10	7574,301498	757,4301498	424,3882138
T4 (Cc) 25% + (Tc) 75%	10	7433,116933	743,3116933	414,997113
T5 (Tc) 100%	10	7499,310336	749,9310336	470,7590956

ANOVA

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	14841,52225	4	3710,380564	12,10288301	0,0000009241	2,57873918
Dentro dos grupos	13795,64895	45	306,5699767			
Total	28637,17121	49				

Grupos de Tukey para densidade

Grouping Information Using Tukey Method

	N	Mean	Grouping
T1 (Cc) 100%	10	789,67	A
T2 (Cc) 75% + (Tc) 25%	10	776,58	A B
T3 (Cc) 50% + (Tc) 50%	10	757,43	B C
T5 (Tc) 100%	10	749,93	C
T4 (Cc) 25% + (Tc) 75%	10	743,31	C

Means that do not share a letter are significantly different.

APÊNDICE B - ENSAIOS FÍSICOS PARA TEOR DE UMIDADE (TU)

Teor de Umidade					
Corymbia (Cc) 100%					
Painel	Posição	Corpo de Prova	MU - [g]	MS - [g]	Umidade Residual [%]
Ch 1	P 3	CP 1	21,84	20,09	8,71
	P 7	CP 2	22,93	21,02	9,09
Ch 2	P 3	CP 3	22,13	20,36	8,69
	P 7	CP 4	20,81	19,11	8,90
Ch 3	P 3	CP 5	21,57	19,71	9,44
	P 7	CP 6	22,89	20,86	9,73
Ch 4	P 3	CP 7	23,27	21,65	7,48
	P 7	CP 8	21,81	20,25	7,70
Ch 5	P 3	CP 9	19,95	18,45	8,13
	P 7	CP 10	18,98	17,54	8,21

Corymbia (Cc) 100% [U.%]	
Máximo	9,73
Média	8,61
Mínima	7,48
Desvio Padrão	0,73

(Cc) → Corymbia
(Tc) → Teca

Teor de Umidade					
Corymbia (Cc) 50% + Teca (Tc) 50%					
Painel	Posição	Corpo de Prova	MU - [g]	MS - [g]	Umidade Residual [%]
Ch 1	P 3	CP 1	21,70	20,11	7,91
	P 7	CP 2	23,07	21,18	8,92
Ch 2	P 3	CP 3	20,86	19,33	7,92
	P 7	CP 4	22,76	20,98	8,48
Ch 3	P 3	CP 5	20,14	18,68	7,82
	P 7	CP 6	22,04	20,37	8,20
Ch 4	P 3	CP 7	20,03	18,38	8,98
	P 7	CP 8	23,70	21,77	8,87
Ch 5	P 3	CP 9	22,38	20,46	9,38
	P 7	CP 10	23,78	21,84	8,88

Teca (Tc) 50%+Corymbia (Cc) 50% [U.%]	
Máximo	9,38
Média	8,54
Mínima	7,82
Desvio Padrão	0,55

(Cc) → Corymbia
(Tc) → Teca

Teor de Umidade					
Corymbia (Cc) 75% Teca (Tc) 25%					
Painel	Posição	Corpo de Prova	MU - [g]	MS - [g]	Umidade Residual [%]
Ch 1	P 3	CP 1	22,33	20,44	9,25
	P 7	CP 2	22,91	21,05	8,84
Ch 2	P 3	CP 3	20,54	19,12	7,43
	P 7	CP 4	23,07	21,32	8,21
Ch 3	P 3	CP 5	20,64	19,36	6,61
	P 7	CP 6	21,66	20,22	7,12
Ch 4	P 3	CP 7	22,51	20,69	8,80
	P 7	CP 8	22,30	20,58	8,36
Ch 5	P 3	CP 9	22,50	20,54	9,54
	P 7	CP 10	21,51	19,65	9,47

Teca (Tc) 25%+Corymbia (Cc) 75% [U.%]	
Máximo	9,54
Média	8,36
Mínima	6,61
Desvio Padrão	1,02

(Cc) → Corymbia
(Tc) → Teca

Teor de Umidade					
Corymbia (Cc) 25% + Teca (Tc) 75%					
Painel	Posição	Corpo de Prova	MU - [g]	MS - [g]	Umidade Residual [%]
Ch 1	P 3	CP 1	21,84	20,24	7,91
	P 7	CP 2	23,06	21,18	8,88
Ch 2	P 3	CP 3	22,50	20,46	9,97
	P 7	CP 4	23,98	21,88	9,60
Ch 3	P 3	CP 5	22,24	20,41	8,97
	P 7	CP 6	21,90	20,10	8,96
Ch 4	P 3	CP 7	22,05	20,24	8,94
	P 7	CP 8	23,13	21,05	9,88
Ch 5	P 3	CP 9	21,34	19,85	7,51
	P 7	CP 10	22,48	20,73	8,44

Teca (Tc) 75%+Corymbia (Cc) 25% [U.%]	
Máximo	9,97
Média	8,90
Mínima	7,51
Desvio Padrão	0,80

(Cc) → Corymbia
(Tc) → Teca

Teor de Umidade					
(TC) Teca 100%					
Painel	Posição	Corpo de Prova	MU - [g]	MS - [g]	Umidade Residual [%]
Ch 1	P 3	CP 1	22,25	20,22	10,04
	P 7	CP 2	20,83	18,96	9,86
Ch 2	P 3	CP 3	23,30	21,29	9,44
	P 7	CP 4	22,41	20,46	9,53
Ch 3	P 3	CP 5	22,26	20,37	9,28
	P 7	CP 6	22,82	20,72	10,14
Ch 4	P 3	CP 7	22,69	20,62	10,04
	P 7	CP 8	22,42	20,66	8,52
Ch 5	P 3	CP 9	21,60	19,95	8,27
	P 7	CP 10	21,25	19,39	9,59

(TC) Teca 100% [U.%]	
Máximo	10,14
Média	9,47
Mínima	8,27
Desvio Padrão	0,64

Resultados dos Ensaio de Teor de Umidade

Resultados	T1 (Cc) 100%	T2 (Cc) 75% + (Tc) 25%	T3 (Cc) 50% + (Tc) 50%	T4 (Cc) 25% + (Tc) 75%	T5 (Tc) 100 %
Máximo	9,73	9,54	9,38	9,97	10,14
Média	8,61	8,36	8,54	8,90	9,47
Mínima	7,48	6,61	7,82	7,51	8,27
Desvio Padrão	0,73	1,02	0,55	0,80	0,64

(Cc) → Corymbia

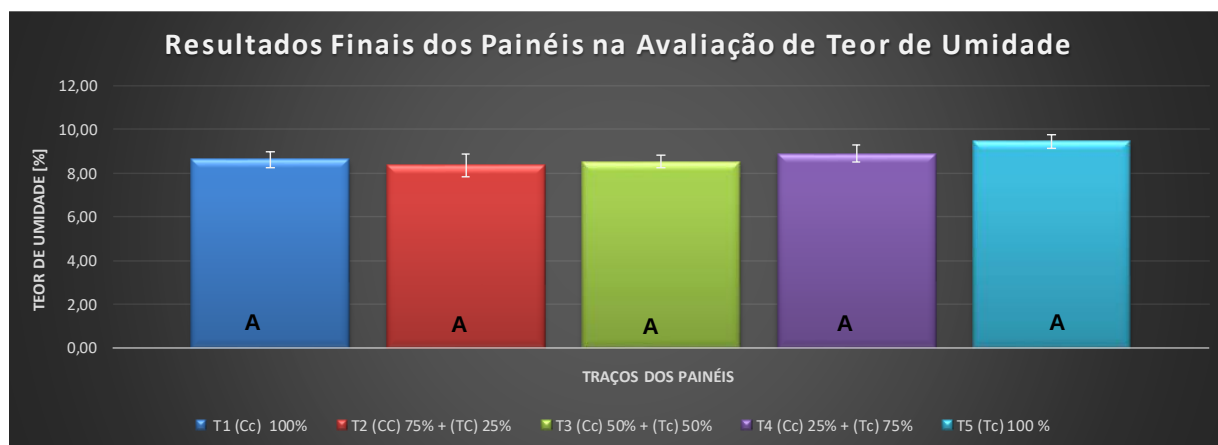
$$U = [(MU - MS) / MS] \times 100$$

(Tc) → Teca

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

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

U = Umidade residual C.P. expressa em porcentagem [%]



Anova: fator único

RESUMO

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
T1 (Cc) 100%	10	86,0814162	8,60814162	0,527796751
T2(Cc) 75% + (Tc) 25%	10	83,61309928	8,361309928	1,034230356
T3 (Cc) 50% + (Tc) 50%	10	85,35314044	8,535314044	0,301104786
T4(Cc) 25% + (Tc) 75%	10	89,04342617	8,904342617	0,638640568
T5 (Tc)100%	10	94,70868809	9,470868809	0,404886273

ANOVA

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	7,573885093	4	1,893471273	3,257126904	0,019825582	2,578739
Dentro dos grupos	26,15992861	45	0,581331747			
Total	33,7338137	49				

Grupos de Tukey- Teor de umidade

	N	Mean	Grouping
(Tc) 100%	10	9,2420	A
(Tc) 75%+(Cc) 25%	10	8,9043	A
(Cc) 100%	10	8,6081	A
(Tc) 50%+(Cc) 50%	10	8,5353	A
(Tc) 25%+(Cc) 75%	10	8,3613	A

Means that do not share a letter are significantly different.

APÊNDICE C- ENSAIOS FÍSICOS PARA ABSORÇÃO DE ÁGUA

Absorção de Água 24h					
Corymbia (Cc) 100%					
Painel	Posição	Corpo de Prova	M0 - [g]	M1 - [g]	Resultado 24h [%]
T 1- 1	P 4	CP 1	23,02	28,60	24,24
	P 6	CP 2	23,11	27,61	19,47
T1- 2	P 4	CP 3	23,27	28,37	21,92
	P 6	CP 4	20,92	26,55	26,91
T1- 3	P 4	CP 5	23,95	29,09	21,46
	P 6	CP 6	22,08	27,33	23,78
T1- 4	P 4	CP 7	22,03	28,51	29,41
	P 6	CP 8	22,76	28,44	24,96
T1- 5	P 4	CP 9	20,88	27,18	30,17
	P 6	CP 10	19,99	24,04	20,26

Corymbia (Cc) 100% [A.A.%]	
Máximo	30,17
Média	24,26
Mínima	19,47
Desvio Padrão	3,67

Ch = Chapa

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

M0 = Massa do CP antes da imersão [g]

M1 = Massa do CP após a imersão [g]

A = Absorção de água do C.P. expressa em porcentagem [%]

24 Horas = 24h

(Cc) → Corymbia

(Tc) → Teca

Absorção de Água 24h					
Corymbia (Cc) 50% +Teca (Tc) 50%					
Painel	Posição	Corpo de Prova	M0 - [g]	M1 - [g]	Resultado 24h [%]
T3- 1	P 4	CP 1	23,81	27,92	17,26
	P 6	CP 2	23,54	27,77	17,97
T3- 2	P 4	CP 3	22,39	27,21	21,53
	P 6	CP 4	23,05	27,27	18,31
T3- 3	P 4	CP 5	22,87	27,34	19,55
	P 6	CP 6	22,33	27,26	22,08
T3- 4	P 4	CP 7	22,33	27,02	21,00
	P 6	CP 8	23,63	27,57	16,67
T3- 5	P 4	CP 9	22,89	27,56	20,40
	P 6	CP 10	23,23	27,20	17,09

Corymbia (Cc) 50% +Teca (Tc) 50% [A.A.%]	
Máximo	22,08
Média	19,19
Mínima	16,67
Desvio Padrão	1,98

Ch = Chapa

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

M0 = Massa do CP antes da imersão [g]

M1 = Massa do CP após a imersão [g]

A = Absorção de água do C.P. expressa em porcentagem [%]

24 Horas = 24h

(Cc) → Corymbia

(Tc) → Teca

Absorção de Água 24h					
Corymbia (Cc) 75% +Teca (C) 25%					
Painel	Posição	Corpo de Prova	M0 - [g]	M1 - [g]	Resultado 24h [%]
T2- 1	P 4	CP 1	23,21	27,42	18,14
	P 6	CP 2	22,81	27,50	20,56
T2- 2	P 4	CP 3	22,32	27,30	22,31
	P 6	CP 4	22,21	28,09	26,47
T2- 3	P 4	CP 5	23,24	28,08	20,83
	P 6	CP 6	22,00	27,50	25,00
T2- 4	P 4	CP 7	23,08	27,93	21,01
	P 6	CP 8	23,29	27,68	18,85
T2- 5	P 4	CP 9	24,04	28,15	17,10
	P 6	CP 10	22,08	27,32	23,73

Corymbia (Cc) 75% +Teca (C) 25%	
Máximo	26,47
Média	21,40
Mínima	17,10
Desvio Padrão	3,02

Ch = Chapa

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

M0 = Massa do CP antes da imersão [g]

M1 = Massa do CP após a imersão [g]

A = Absorção de água do C.P. expressa em porcentagem [%]

24 Horas = 24h

(Cc) → Corymbia

(Tc) → Teca

Absorção de Água 24h					
Corymbia (Cc) 25% +Teca (C) 75%					
Painel	Posição	Corpo de Prova	M0 - [g]	M1 - [g]	Resultado 24h [%]
T4- 1	P 4	CP 1	23,99	28,33	18,09
	P 6	CP 2	24,28	28,09	15,69
T4- 2	P 4	CP 3	23,52	27,81	18,24
	P 6	CP 4	24,26	27,89	14,96
T4- 3	P 4	CP 5	23,57	27,94	18,54
	P 6	CP 6	22,88	27,24	19,06
T 4- 4	P 4	CP 7	23,78	27,75	16,69
	P 6	CP 8	23,55	27,45	16,56
T4- 5	P 4	CP 9	23,52	27,79	18,15
	P 6	CP 10	23,03	27,27	18,41

Corymbia (Cc) 25% +Teca (C) 75% [A.A.%]	
Máximo	19,06
Média	17,44
Mínima	14,96
Desvio Padrão	1,37

Ch = Chapa

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

M0 = Massa do CP antes da imersão [g]

M1 = Massa do CP após a imersão [g]

A = Absorção de água do C.P. expressa em porcentagem [%]

24 Horas = 24h

(Cc) → Corymbia

(Tc) → Teca

Absorção de Água 24h					
Teca 100 %					
Painel	Posição	Corpo de Prova	M0 - [g]	M1 - [g]	Resultado 24h [%]
T5- 1	P 4	CP 1	22,95	27,17	18,39
	P 6	CP 2	21,04	25,63	21,82
T5- 2	P 4	CP 3	23,62	27,08	14,65
	P 6	CP 4	22,29	26,46	18,71
T5- 3	P 4	CP 5	22,90	27,02	17,99
	P 6	CP 6	22,55	26,70	18,40
T5- 4	P 4	CP 7	23,92	27,11	13,34
	P 6	CP 8	22,56	27,06	19,95
T5- 5	P 4	CP 9	22,51	26,48	17,64
	P 6	CP 10	21,32	25,86	21,29

Resultados Teca 100 % [A.A.%]	
Máximo	21,82
Média	18,22
Mínima	13,34
Desvio Padrão	2,64

Resultados do Ensaio de Absorção de Água 24h					
Resultados	T1 (CC) 100%	T2 (CC) 75%+ (TC) 25%	T3 (Cc) 50%+(Tc) 50%	T4 (CC) 25%+ (TC) 75%	T5 (TC) 100%
Máximo	30,17	26,47	22,08	19,06	21,82
Média	24,26	21,40	19,19	17,44	18,22
Mínima	19,47	17,10	16,67	14,96	13,34
Desvio Padrão	3,67	3,02	1,98	1,37	2,64

(Cc) → Corymbia

(Tc) → Teca

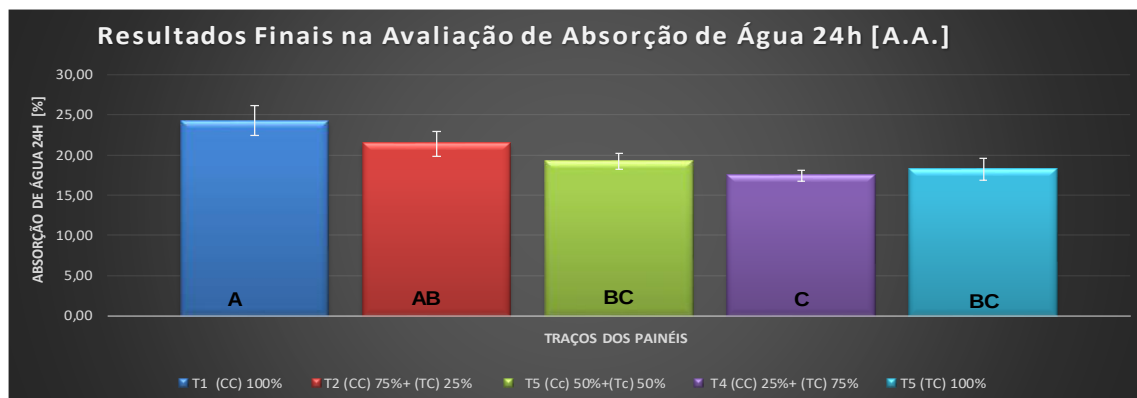
$$A = [(M1 - M0) / M0] \times 100$$

M0 = Massa do CP antes da imersão [g]

M1 = Massa do CP após a imersão [g]

A = Absorção de água do C.P. expressa em porcentagem [%]

24 Horas = 24h



Anova: fator único

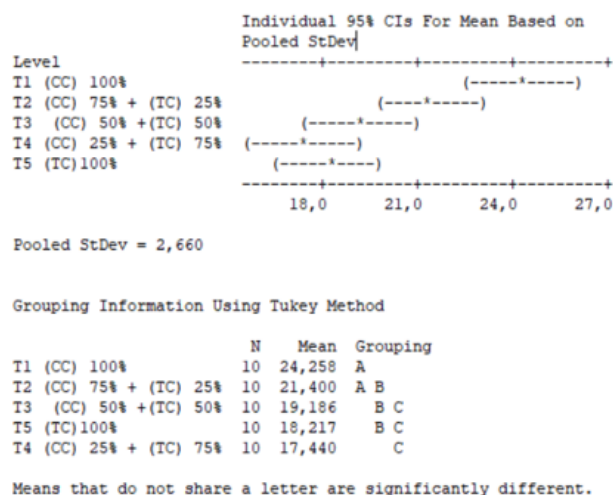
RESUMO

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
T1 (CC) 100%	10	242,582152	24,2582152	13,50254345
T2 (CC) 75% + (TC) 25	10	214,0039877	21,40039877	9,091596127
T3 (CC) 50% +(TC) 50	10	191,8584868	19,18584868	3,934901443
T4 (CC) 25% + (TC) 75	10	174,4026996	17,44026996	1,873304702
T5 (TC)100%	10	182,1688406	18,21688406	6,96252274

ANOVA

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	304,3775224	4	76,0943806	10,75847075	0,0000033250	2,578739
Dentro dos grupos	318,2838161	45	7,072973692			
Total	622,6613385	49				

Grupos de Tukey- Absorção de Água



APÊNDICE D- ENSAIOS FÍSICOS INCHAMENTO EM ESPESSURA

Inchamento em Espessura 24h					
Corymbia (Cc) 100%					
Painel	Posição	Corpo de Prova	E0 - [mm]	E1 - [mm]	Resultado 24h [%]
T 1-1	P 4	CP 1	11,50	12,09	5,13
	P 6	CP 2	11,42	11,85	3,77
T1- 2	P 4	CP 3	11,41	11,88	4,12
	P 6	CP 4	11,37	11,91	4,75
T1- 3	P 4	CP 5	11,78	12,36	4,92
	P 6	CP 6	11,53	12,07	4,68
T1- 4	P 4	CP 7	11,69	12,23	4,62
	P 6	CP 8	11,36	11,87	4,49
T1- 5	P 4	CP 9	11,66	12,21	4,72
	P 6	CP 10	11,35	11,97	5,46

Corymbia (Cc) 100% [I.E.%]	
Máximo	5,46
Média	4,67
Mínima	3,77
Desvio Padrão	0,48

Ch = Chapa

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

E0 = espessura do CP antes da imersão [mm]

E1 = espessura do CP após a imersão [mm]

I = Inchamento em espessura do C.P. expressa em porcentagem [%]

24 Horas = 24h

(CC) → Corymbia

(TC) → Teca

Inchamento em Espessura 24h					
Corymbia (Cc) 50% + Teca (C) 50%					
Painel	Posição	Corpo de Prova	E0 - [mm]	E1 - [mm]	Resultado 24h [%]
T3- 1	P 4	CP 1	11,98	12,46	4,01
	P 6	CP 2	11,99	12,48	4,09
T3- 2	P 4	CP 3	11,79	12,33	4,58
	P 6	CP 4	11,68	12,35	5,74
T3- 3	P 4	CP 5	11,95	12,40	3,77
	P 6	CP 6	11,86	12,41	4,64
T3- 4	P 4	CP 7	11,87	12,40	4,47
	P 6	CP 8	11,95	12,38	3,60
T3-5	P 4	CP 9	11,93	12,41	4,02
	P 6	CP 10	11,96	12,42	3,85

Corymbia (Cc) 50% + Teca (C) 50% [I.E.%]	
Máximo	5,74
Média	4,27
Mínima	3,60
Desvio Padrão	0,62

Ch = Chapa

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

E0 = espessura do CP antes da imersão [mm]

E1 = espessura do CP após a imersão [mm]

I = Inchamento em espessura do C.P. expressa em porcentagem [%]

24 Horas = 24h

(CC) → Corymbia

(TC) → Teca

Inchamento em Espessura 24h					
75% Corymbia(Cc)+ Teca (C) 25%					
Painel	Posição	Corpo de Prova	E0 - [mm]	E1 - [mm]	Resultado 24h [%]
T2- 1	P 4	CP 1	11,84	12,34	4,22
	P 6	CP 2	11,64	12,21	4,90
T2- 2	P 4	CP 3	11,67	12,07	3,43
	P 6	CP 4	11,51	12,06	4,78
T2- 3	P 4	CP 5	11,76	12,28	4,42
	P 6	CP 6	11,54	11,99	3,90
T2- 4	P 4	CP 7	11,80	12,26	3,90
	P 6	CP 8	11,55	12,04	4,24
T2-5	P 4	CP 9	11,93	12,64	5,95
	P 6	CP 10	11,66	12,05	3,34

75% Corymbia(Cc)+ Teca (C) 25% [I.E.%]	
Máximo	5,95
Média	4,31
Mínima	3,34
Desvio Padrão	0,77

Inchamento em Espessura 24h					
Corymbia (Cc) 25% + Teca (Tc) 75%					
Painel	Posição	Corpo de Prova	E0 - [mm]	E1 - [mm]	Resultado 24h [%]
T4- 1	P 4	CP 1	12,38	12,87	3,96
	P 6	CP 2	12,42	12,90	3,86
T4- 2	P 4	CP 3	12,21	12,67	3,77
	P 6	CP 4	12,35	12,73	3,08
T4- 3	P 4	CP 5	12,29	12,76	3,82
	P 6	CP 6	12,23	12,66	3,52
T 4- 4	P 4	CP 7	12,17	12,71	4,44
	P 6	CP 8	12,12	12,47	2,89
T4- 5	P 4	CP 9	12,07	12,53	3,81
	P 6	CP 10	12,02	12,44	3,49

Corymbia (Cc) 25% + Teca (Tc) 75% [I.E.%]	
Máximo	4,44
Média	3,66
Mínima	2,89
Desvio Padrão	0,44

Inchamento em Espessura 24h					
Teca 100%					
Painel	Posição	Corpo de Prova	E0 - [mm]	E1 - [mm]	Resultado 24h [%]
T5- 1	P 4	CP 1	12,38	12,78	3,23
	P 6	CP 2	12,18	12,54	2,96
T5- 2	P 4	CP 3	12,19	12,47	2,30
	P 6	CP 4	12,14	12,45	2,55
T5- 3	P 4	CP 5	12,10	12,46	2,98
	P 6	CP 6	11,85	12,13	2,36
T5- 4	P 4	CP 7	12,53	12,74	1,68
	P 6	CP 8	12,35	12,60	2,02
T5- 5	P 4	CP 9	12,09	12,47	3,14
	P 6	CP 10	11,92	12,26	2,85

Resultados Teca 100% [I.E.%]	
Máximo	3,23
Média	2,61
Mínima	1,68
Desvio Padrão	0,51

APÊNDICE E- ENSAIOS MECÂNICOS MOR E MOE

Flexão e Módulo de Elasticidade Corymbia (Cc) 100%						
Painel	Posição	Corpo de Prova	Largura - [mm]	Espessura - [mm]	MOR [Mpa]	MOE [Mpa]
Ch 1	P 2	CP 1	50,02	12,00	11,18	2174,49
	P 9	CP 2	49,92	12,23	8,67	1504,11
Ch 2	P 2	CP 3	50,03	12,09	10,25	1854,85
	P 9	CP 4	50,00	12,29	7,46	1505,83
Ch 3	P 2	CP 5	50,00	11,97	9,22	1796,20
	P 9	CP 6	49,95	12,35	9,23	1939,74
Ch 4	P 2	CP 7	50,14	12,04	10,45	2046,49
	P 9	CP 8	49,93	12,24	7,81	1646,37
Ch 5	P 2	CP 9	50,10	12,03	7,97	1489,45
	P 9	CP 10	49,98	12,27	7,91	1426,49
Flexão e Módulo de Elasticidade Corymbia (Cc) 75% +Teca (Tc) 25%						
Painel	Posição	Corpo de Prova	Largura - [mm]	Espessura - [mm]	MOR [Mpa]	MOE [Mpa]
Ch 1	P 2	CP 1	50,01	12,12	12,60	2095,60
	P 9	CP 2	50,01	12,23	11,02	1654,36
Ch 2	P 2	CP 3	50,03	12,06	9,84	1687,82
	P 9	CP 4	49,9	12,34	12,63	2144,32
Ch 3	P 2	CP 5	50	12,16	12,73	1870,64
	P 9	CP 6	49,77	12,45	12,27	2063,91
Ch 4	P 2	CP 7	49,97	12,25	15,15	2421,45
	P 9	CP 8	49,85	12,35	12,04	1813,03
Ch 5	P 2	CP 9	50,02	12,27	9,79	1793,19
	P 9	CP 10	49,95	12,47	9,35	1742,95
Flexão e Módulo de Elasticidade 50%Corymbia (Cc)+ Teca (Tc) 50%						
Painel	Posição	Corpo de Prova	Largura - [mm]	Espessura - [mm]	MOR [Mpa]	MOE [Mpa]
Ch 1	P 2	CP 1	50,03	12,17	13,68	2173,76
	P 9	CP 2	50,01	12,35	10,76	1865,50
Ch 2	P 2	CP 3	49,92	12,24	14,90	2340,43
	P 9	CP 4	49,90	12,55	14,80	2100,11
Ch 3	P 2	CP 5	50,05	12,23	13,98	2193,46
	P 9	CP 6	50,01	12,38	14,75	2378,47
Ch 4	P 2	CP 7	50,00	12,22	13,19	2167,62
	P 9	CP 8	50,01	12,58	17,51	2679,22
Ch 5	P 2	CP 9	50,02	12,42	12,70	2093,33
	P 9	CP 10	50,04	12,46	13,96	2056,13
Flexão e Módulo de Elasticidade Corimbia (Cc) 25% + Teca (Tc) 75%						
Painel	Posição	Corpo de Prova	Largura - [mm]	Espessura - [mm]	MOR [Mpa]	MOE [Mpa]
Ch 1	P 2	CP 1	50,06	12,71	13,70	2049,02
	P 9	CP 2	49,89	12,98	15,41	2208,45
Ch 2	P 2	CP 3	50,06	12,74	14,95	2255,83
	P 9	CP 4	49,99	13,16	12,77	1973,83
Ch 3	P 2	CP 5	50,08	12,78	13,54	2146,14
	P 9	CP 6	49,99	13,11	13,48	2104,93
Ch 4	P 2	CP 7	50,05	12,75	16,06	2448,19
	P 9	CP 8	49,93	12,83	12,35	2002,51
Ch 5	P 2	CP 9	50,02	12,59	15,67	2318,98
	P 9	CP 10	50,09	12,92	12,61	1943,16

Flexão e Módulo de Elasticidade Teca (TC) 100%						
Painel	Posição	Corpo de Prova	Largura - [mm]	Espessura - [mm]	MOR [Mpa]	MOE [Mpa]
Ch 1	P 2	CP 1	50,25	12,31	12,30	1855,39
	P 9	CP 2	50,18	12,29	12,11	1986,43
Ch 2	P 2	CP 3	50,23	12,25	13,42	2285,11
	P 9	CP 4	50,26	12,27	10,58	1968,88
Ch 3	P 2	CP 5	50,27	12,23	14,51	2304,26
	P 9	CP 6	50,21	12,25	12,34	2111,12
Ch 4	P 2	CP 7	50,19	12,22	12,66	2067,10
	P 9	CP 8	50,24	12,21	12,71	1869,48
Ch 5	P 2	CP 9	50,28	12,24	11,66	1870,54
	P 9	CP 10	50,24	12,25	12,83	1736,41

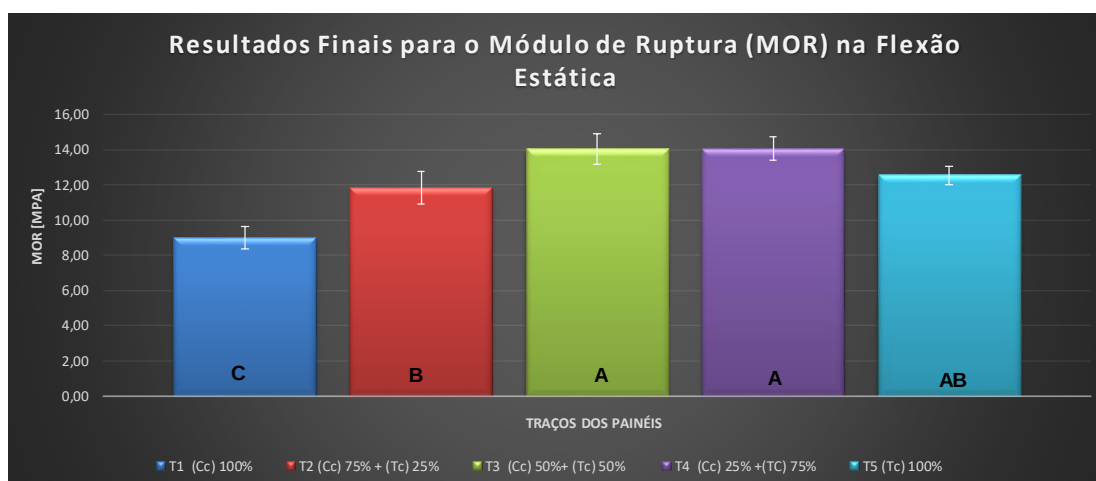
Resultados do Módulo de Ruptura (MOR) na Flexão Estática					
Resultados	T1 (Cc) 100%	T2 (Cc) 75% + (Tc) 25%	T3 (Cc) 50%+ (Tc) 50%	T4 (Cc) 25% +(TC) 75%	T5 (Tc) 100%
Máximo	11,18	15,15	17,51	16,06	14,51
Média	9,01	11,84	14,02	14,06	12,51
Mínima	7,46	9,35	10,76	12,35	10,58
Desvio Padrão	1,27	1,83	1,74	1,36	1,04

(CC) → Corymbia

Resultado - [N/mm²] = Mpa

(TC) → Teca

O resultado no relatório da maquina universal de ensaios esta em mega pascal [Mpa]



Anova fator único- MOR

Anova: fator único

RESUMO

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
T1 (Cc) 100%	10	90,15	9,015	1,629116667
T2 (Cc) 75% +(Tc) 25%	10	117,42	11,742	3,128195556
T3 (Cc) 50%+(Tc) 50%	10	140,23	14,023	3,030601111
T4 (Cc) 25% +(TC) 75%	10	140,54	14,054	1,84816
T5 (Tc) 100%	10	125,12	12,512	1,074817778

ANOVA

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	171,880348	4	42,970087	20,05906257	0,0000000015	2,578739
Dentro dos grupos	96,39802	45	2,142178222			
Total	268,278368	49				

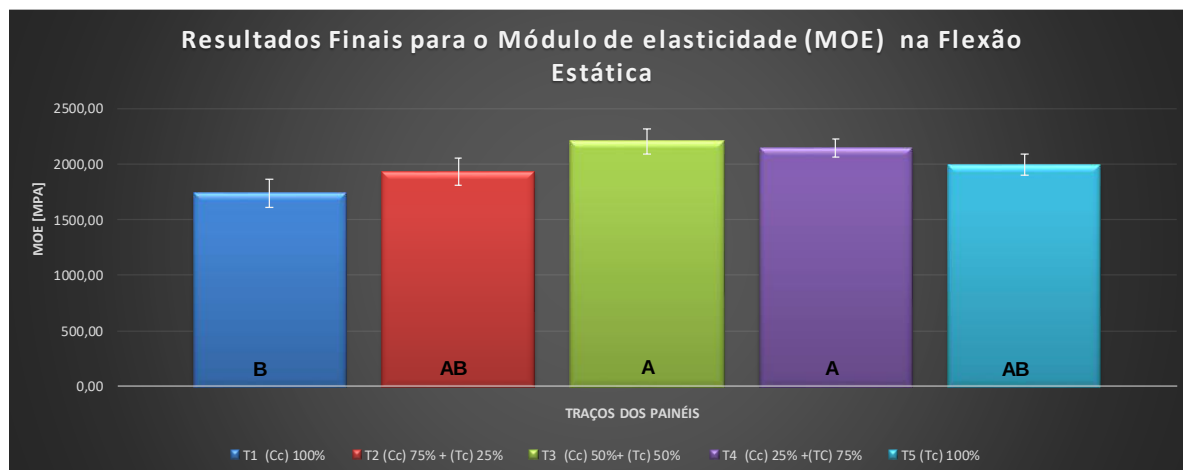
Resultados do Módulo de elasticidade (MOE) na Flexão Estática					
Resultados	T1 (Cc) 100%	T2 (Cc) 75% + (Tc) 25%	T3 (Cc) 50%+ (Tc) 50%	T4 (Cc) 25% +(TC) 75%	T5 (Tc) 100%
Máximo	2174,00	2421,00	2679,00	2448,00	2304,00
Média	1738,40	1929,00	2205,00	2145,00	1996,00
Mínima	1426,00	1654,00	1866,00	1943,00	1736,00
Desvio Padrão	262,30	244,60	220,00	163,20	190,50

(CC) → Corymbia

Resultado - [N/mm²] = Mpa

(TC) → Teca

O resultado no relatório da maquina universal de ensaios esta em mega pascal [Mpa]



Anova fator único- MOE

Anova: fator único

RESUMO

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
T1 (Cc) 100%	10	17384,02	1738,402	68805,25053
T2 (Cc) 75% +(Tc) 25%	10	19287,27	1928,727	59814,8932
T3 (Cc) 50%+(Tc) 50%	10	22048,03	2204,803	48524,26085
T4 (Cc) 25% +(TC) 75%	10	21451,04	2145,104	26629,25769
T5 (Tc) 100%	10	19964,72	1996,472	36274,41753

ANOVA

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	1364887,473	4	341221,8683	7,107365087	0,000159395	2,578739
Dentro dos grupos	2160432,718	45	48009,61596			
Total	3525320,191	49				

Grupos de Tukey para MOR e MOE

Grouping Information Using Tukey Method

	N	Mean	Grouping
T4 (Cc) 25% +(TC) 75%	10	14,054	A
T3 (Cc) 50%+(Tc) 50%	10	14,023	A
T5 (Tc) 100%	10	12,512	A B
T2 (Cc) 75% +(Tc) 25%	10	11,742	B
T1 (Cc) 100%	10	9,015	C

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method

	N	Mean	Grouping
T3 (Cc) 50%+(Tc) 50%	10	2204,8	A
T4 (Cc) 25% +(TC) 75%	10	2145,1	A
T5 (Tc) 100%	10	1996,5	A B
T2 (Cc) 75% +(Tc) 25%	10	1928,7	A B
T1 (Cc) 100%	10	1738,4	B

Means that do not share a letter are significantly different.

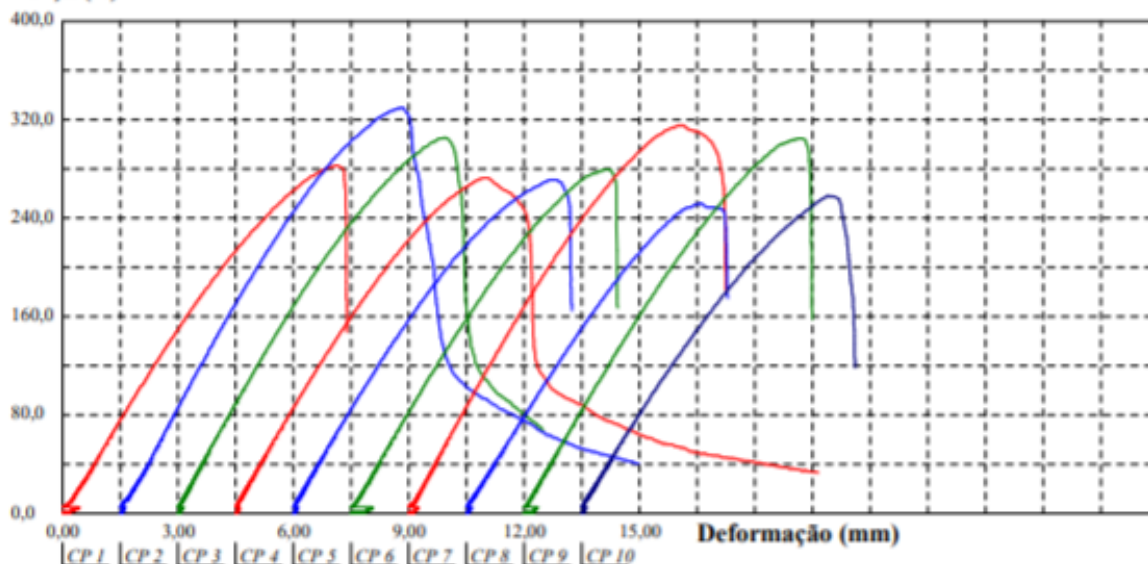
UNESP - Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Engenharia de Bauru - Laboratório de Construção Civil

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL30000N** Célula: **Trd 26** Extensômetro: - Data: **18/12/2018** Hora: **10:54:46** Trabalho nº **3627**
Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Painel Aglomerado Flexão estática MOE NBR 14810-2 2013**
Ident. Amostra: > Material: **Painel aglomerado (Traço: Teca (TC) 75%+ 25% Corymbia (C))** Projeto Pesquisa: **Doutorado Valter**

Corpo de Prova	espessura (mm)	largura (mm)	P est (N)	velocidade carga (mm/min)	carga ruptura P (N)	MOR (MPa)	MOE 10% a 50% (MPa)
CP 1	12,46	49,85	293,12	7	282,72	13,70	2049,02
CP 2	12,68	49,92	293,12	7	329,84	15,41	2208,45
CP 3	12,38	50,00	293,12	7	305,59	14,95	2255,83
CP 4	12,67	49,93	293,12	7	273,02	12,77	1973,83
CP 5	12,25	50,00	293,12	7	270,94	13,54	2146,14
CP 6	12,48	50,01	293,12	7	279,95	13,48	2104,93
CP 7	12,15	49,86	293,12	7	315,29	16,06	2448,19
CP 8	12,39	49,90	293,12	7	252,23	12,35	2002,51
CP 9	12,08	50,00	293,12	7	304,90	15,67	2318,98
CP 10	12,42	49,81	293,12	7	258,47	12,61	1943,16
Número CPs	10	10	10	10	10	10	10
Média	12,40	49,93	293,1	7,000	287,3	14,06	2145
Desv. Padrão	0,1970	0,07285	0,0000	0,0000	25,48	1,360	163,2
Coef.Var.(%)	1,590	0,1459	0,0000	0,0000	8,870	9,675	7,607
Mínimo	12,08	49,81	293,1	7,000	252,2	12,35	1943
Máximo	12,68	50,01	293,1	7,000	329,8	16,06	2448

Força (N)



Observação: Ensaio Flexão estática definitivos , 75% Teca (Tc) +25% Corymbia (Cc) +geração de módulos MOR e MOE - NBR 14810-2 (2013)

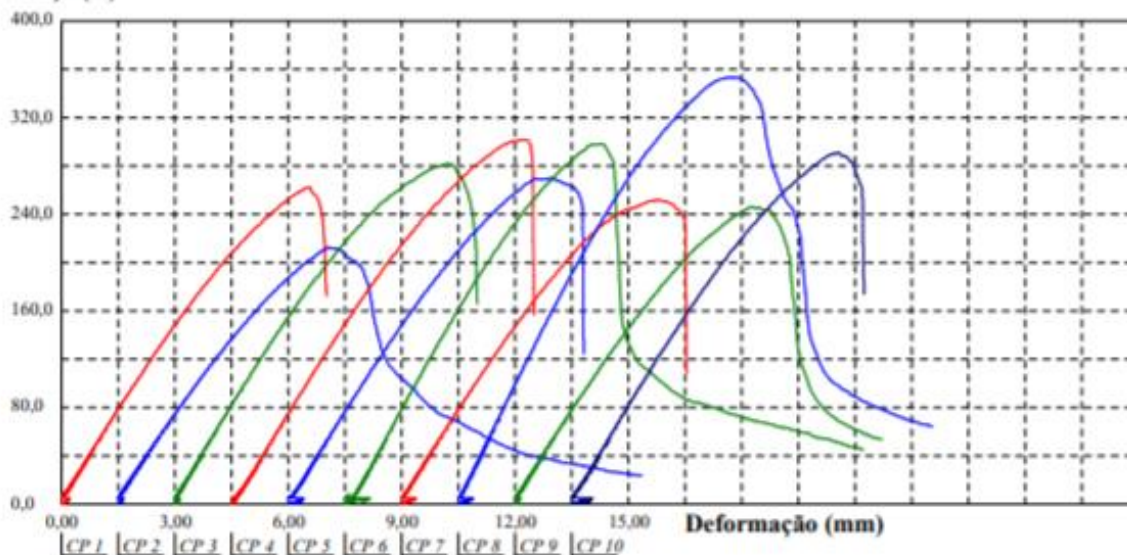
UNESP - Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Engenharia de Bauru - Laboratório de Construção Civil

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL30000N** Célula: **Trd 26** Extensômetro: - Data: **18/12/2018** Hora: **10:55:44** Trabalho n° **3628**
Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Painel Aglomerado Flexão estática MOE NBR 14810-2 2013**
Ident. Amostra: > Material: **Painel aglomerado** Traço: **Teca (TC) 50% Corymbia 50%** Projeto Pesquisa: **Doutorado Valter**

Corpo de Prova	espessura (mm)	largura (mm)	P est (N)	velocidade carga (mm/min)	carga ruptura P (N)	MOR (MPa)	MOE 10% a 50% (MPa)
CP 1	12,00	50,01	273,02	7	262,63	13,68	2173,76
CP 2	12,20	49,83	273,02	7	212,73	10,76	1865,50
CP 3	11,91	50,04	273,02	7	282,03	14,90	2340,43
CP 4	12,37	49,91	273,02	7	301,43	14,80	2100,11
CP 5	12,04	50,00	273,02	7	270,25	13,98	2193,46
CP 6	12,35	49,78	273,02	7	298,66	14,75	2378,47
CP 7	11,97	50,06	273,02	7	252,23	13,19	2167,62
CP 8	12,31	49,94	273,02	7	353,40	17,51	2679,22
CP 9	12,05	50,02	273,02	7	246,00	12,70	2093,33
CP 10	12,52	49,87	273,02	7	291,04	13,96	2056,13
Número CPs	10	10	10	10	10	10	10
Média	12,17	49,95	273,0	7,000	277,0	14,02	2205
Desv.Padrão	0,2063	0,09571	0,0000	0,0000	38,13	1,742	220,3
Coef.Var.(%)	1,695	0,1916	0,0000	0,0000	13,76	12,43	9,991
Mínimo	11,91	49,78	273,0	7,000	212,7	10,76	1866
Máximo	12,52	50,06	273,0	7,000	353,4	17,51	2679

Força (N)



Observação: Ensaio Flexão estática definitivos, 50% Teca +50% Corymbia (Cc) + geração de módulos MOR e MOE- norma NBR14810-2 (2013)

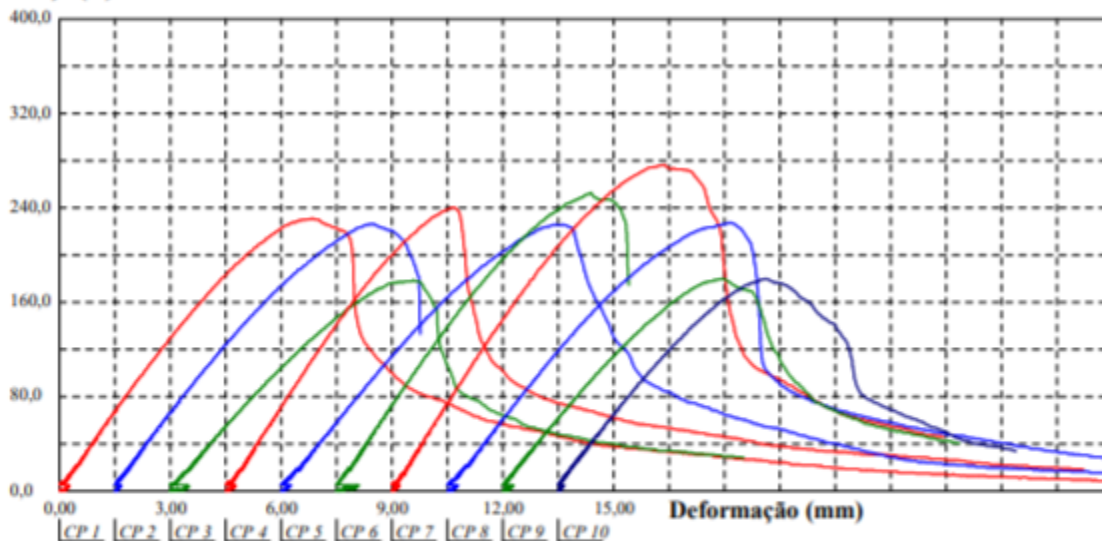
UNESP - Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Engenharia de Bauru - Laboratório de Construção Civil

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL30000N** Célula: **Trd 26** Extensômetro: - Data: **18/12/2018** Hora: **10:56:39** Trabalho n° **3629**
Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Painel Aglomerado Flexão estática MOE NBR 14810-2 2013**
Ident. Amostra: > Material: **Painel aglomerado** Traço: **Teca (TC) 25%+Corymbia 75%** Projeto Pesquisa: **Doutorado Valter**

Corpo de Prova	espessura (mm)	largura (mm)	P est (N)	velocidade carga (mm/min)	carga ruptura P (N)	MOR (MPa)	MOE 10% a 50% (MPa)
CP 1	11,73	50,06	171,16	7	231,44	12,60	2095,49
CP 2	12,42	49,98	171,16	7	226,59	11,02	1654,36
CP 3	11,67	50,05	171,16	7	178,78	9,84	1687,82
CP 4	11,96	49,92	171,16	7	240,45	12,63	2144,32
CP 5	11,54	49,98	171,16	7	225,90	12,73	1870,64
CP 6	11,97	49,88	171,16	7	252,92	13,27	2063,91
CP 7	11,70	50,01	171,16	7	276,48	15,15	2421,45
CP 8	11,90	50,00	171,16	7	227,29	12,04	1813,03
CP 9	11,76	49,91	171,16	7	180,17	9,79	1793,19
CP 10	12,01	50,09	171,16	7	180,17	9,35	1742,95
Número CPs	10	10	10	10	10	10	10
Média	11,87	49,99	171,2	7,000	222,0	11,84	1929
Desv.Padrão	0,2473	0,06877	0,0000	0,0000	32,98	1,828	244,6
Coef.Var.(%)	2,084	0,1376	0,0000	0,0000	14,85	15,44	12,68
Mínimo	11,54	49,88	171,2	7,000	178,8	9,351	1654
Máximo	12,42	50,09	171,2	7,000	276,5	15,15	2421

Força (N)



Observação: Ensaio Flexão estática definitivos , 25% Teca +75% Corymbia +geração de modulos MOR e MOE - NBR 14810-2 (2013)

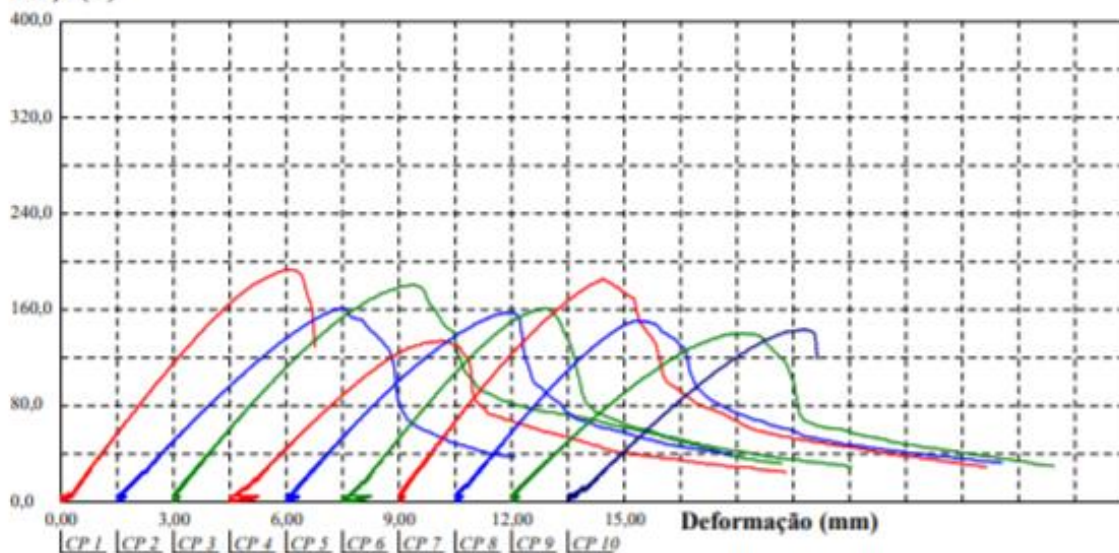
UNESP - Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Engenharia de Bauru - Laboratório de Construção Civil

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL30000N** Célula: **Trd 26** Extensômetro: - Data: **18/12/2018** Hora: **10:57:19** Trabalho nº **3630**
Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Painel Aglomerado Flexão estática MOE NBR14810-2 2013**
Ident. Amostra: >>>>>>>> Material: **Painel aglomerado** Traço: **100% Corymbia** Projeto Pesquisa: **Doutorado Valter**

Corpo de Prova	espessura (mm)	largura (mm)	P est (N)	velocidade carga (mm/min)	carga ruptura P (N)	MOR (MPa)	MOE 10% a 50% (MPa)
CP 1	11,40	49,92	151,06	7	193,33	11,18	2174,49
CP 2	11,84	49,83	151,06	7	161,46	8,67	1504,11
CP 3	11,52	49,88	151,06	7	180,86	10,25	1854,85
CP 4	11,65	49,77	151,06	7	134,43	7,46	1505,83
CP 5	11,32	50,12	151,06	7	157,99	9,22	1796,20
CP 6	11,47	49,88	151,06	7	161,46	9,23	1939,74
CP 7	11,56	49,89	151,06	7	185,71	10,45	2046,49
CP 8	12,05	49,96	151,06	7	151,06	7,81	1646,37
CP 9	11,50	50,03	151,06	7	140,67	7,97	1489,45
CP 10	11,69	50,03	151,06	7	144,13	7,91	1426,49
Número CPs	10	10	10	10	10	10	10
Média	11,60	49,93	151,1	7,000	161,1	9,014	1738
Desv. Padrão	0,2171	0,1050	0,0000	0,0000	19,89	1,274	262,3
Coef. Var. (%)	1,871	0,2104	0,0000	0,0000	12,35	14,14	15,09
Mínimo	11,32	49,77	151,1	7,000	134,4	7,463	1426
Máximo	12,05	50,12	151,1	7,000	193,3	11,18	2174

Força (N)



Observação: Ensaio Flexão estática definitivos , 100 % Corymbia (Cc) +geração de modulos MOR e MOE - NBR 14810-2 (2013)

APÊNDICE F - ENSAIOS MECÂNICOS TRAÇÃO PERPENDICULAR

Tração Perpendicular Corymbia (Cc) 75% + Teca (Tc) 25%									
Painel	Posição	Corpo de Prova	Lado A [mm]	Lado B [mm]	Lado C [mm]	Lado D [mm]	Comprimento [mm]	Largura [mm]	Área [mm ²]
Ch 1	P 5	CP 1	50,02	50,00	50,26	50,29	50,01	50,28	2514,25
	P 8	CP 2	50,10	50,15	50,02	50,30	50,13	50,16	2514,27
Ch 2	P 5	CP 3	50,16	50,31	50,20	50,25	50,24	50,23	2523,05
	P 8	CP 4	50,11	50,15	49,78	50,31	50,13	50,05	2508,76
Ch 3	P 5	CP 5	50,23	50,10	50,27	50,29	50,17	50,28	2522,30
	P 8	CP 6	50,16	50,12	50,32	50,30	50,14	50,31	2522,54
Ch 4	P 5	CP 7	50,05	50,01	50,20	50,38	50,03	50,29	2516,01
	P 8	CP 8	50,11	50,10	50,14	50,22	50,11	50,18	2514,27
Ch 5	P 5	CP 9	50,07	50,14	50,19	50,35	50,11	50,27	2518,78
	P 8	CP 10	50,14	50,20	49,90	50,31	50,17	50,11	2513,77

Tração Perpendicular Corymbia (Cc) 50% + Teca (Tc) 50%									
Painel	Posição	Corpo de Prova	Lado A [mm]	Lado B [mm]	Lado C [mm]	Lado D [mm]	Comprimento [mm]	Largura [mm]	Área [mm ²]
Ch 1	P 5	CP 1	50,05	50,14	50,12	50,12	50,10	50,12	2510,76
	P 8	CP 2	50,11	49,85	50,15	50,25	49,98	50,20	2509,00
Ch 2	P 5	CP 3	50,16	50,16	50,10	50,09	50,16	50,10	2512,77
	P 8	CP 4	50,07	50,03	50,36	50,22	50,05	50,29	2517,01
Ch 3	P 5	CP 5	50,02	50,03	50,18	50,20	50,03	50,19	2510,75
	P 8	CP 6	50,11	50,05	50,28	50,35	50,08	50,32	2519,78
Ch 4	P 5	CP 7	50,06	50,12	50,26	50,32	50,09	50,29	2519,03
	P 8	CP 8	50,08	50,07	50,22	50,24	50,08	50,23	2515,27
Ch 5	P 5	CP 9	49,99	50,00	50,34	50,26	50,00	50,30	2514,75
	P 8	CP 10	50,02	50,10	50,27	50,28	50,06	50,28	2516,77

Tração Perpendicular Corymbia (Cc) 25% + Teca (Tc) 75%									
Painel	Posição	Corpo de Prova	Lado A [mm]	Lado B [mm]	Lado C [mm]	Lado D [mm]	Comprimento [mm]	Largura [mm]	Área [mm ²]
Ch 1	P 5	CP 1	50,00	49,91	50,13	50,18	49,96	50,16	2505,49
	P 8	CP 2	50,01	49,90	50,19	50,32	49,96	50,26	2510,49
Ch 2	P 5	CP 3	50,06	50,02	50,26	50,28	50,04	50,27	2515,51
	P 8	CP 4	50,01	49,92	50,09	50,25	49,97	50,17	2506,74
Ch 3	P 5	CP 5	50,13	50,11	50,26	50,26	50,12	50,26	2519,03
	P 8	CP 6	50,21	50,06	50,08	50,36	50,14	50,22	2517,78
Ch 4	P 5	CP 7	50,13	50,07	50,29	50,22	50,10	50,26	2517,78
	P 8	CP 8	50,02	49,86	50,25	50,24	49,94	50,25	2509,24
Ch 5	P 5	CP 9	50,13	50,12	50,26	50,27	50,13	50,27	2519,53
	P 8	CP 10	50,06	50,08	50,01	50,38	50,07	50,20	2513,26

Tração Perpendicular Teca (Tc) 100%									
Painel	Posição	Corpo de Prova	Lado A [mm]	Lado B [mm]	Lado C [mm]	Lado D [mm]	Comprimento [mm]	Largura [mm]	Área [mm ²]
Ch 1	P 5	CP 1	50,14	50,18	50,27	50,33	50,16	50,30	2523,05
	P 8	CP 2	50,07	50,23	50,20	49,81	50,15	50,01	2507,75
Ch 2	P 5	CP 3	50,05	50,07	50,25	50,32	50,06	50,29	2517,27
	P 8	CP 4	50,02	50,04	49,90	50,31	50,03	50,11	2506,75
Ch 3	P 5	CP 5	50,11	50,00	50,37	50,32	50,06	50,35	2520,02
	P 8	CP 6	50,01	50,02	50,27	50,42	50,02	50,35	2518,01
Ch 4	P 5	CP 7	50,32	50,45	50,41	50,40	50,39	50,41	2539,66
	P 8	CP 8	50,32	50,32	50,14	50,38	50,32	50,26	2529,08
Ch 5	P 5	CP 9	50,44	50,39	50,27	50,12	50,42	50,20	2530,58
	P 8	CP 10	50,31	50,33	40,42	50,41	50,32	45,42	2285,28

Resultados do Ensaio de Tração Perpendicular

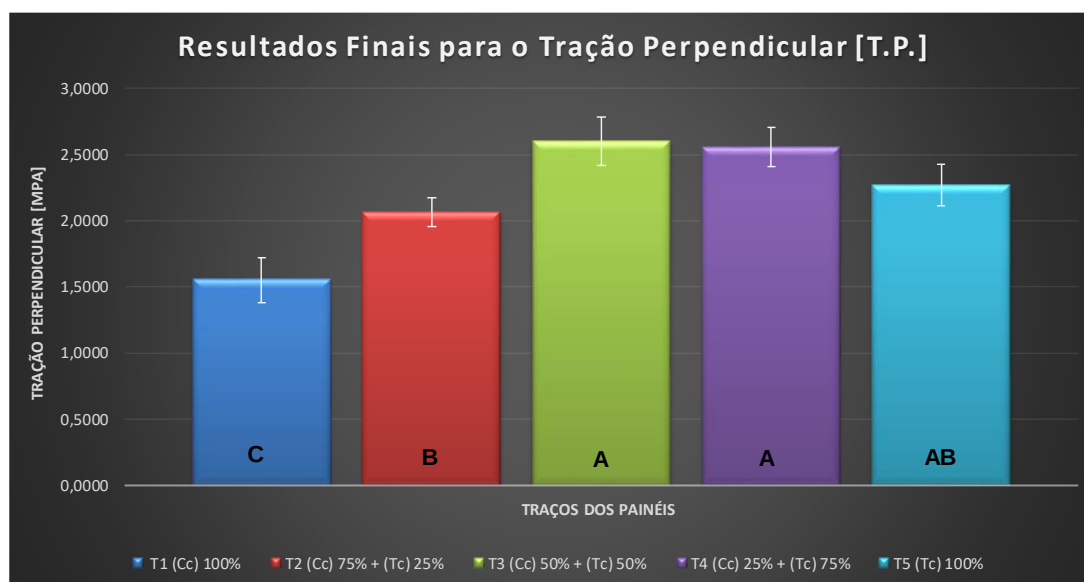
Resultados	T1 (Cc) 100%	T2 (Cc) 75% + (Tc) 25%	T3 (Cc) 50% + (Tc) 50%	T4 (Cc) 25% + (Tc) 75%	T5 (Tc) 100%
Máximo	2,0730	2,3990	3,4590	3,0390	2,8200
Média	1,5510	2,0640	2,6060	2,5580	2,2710
Mínima	0,9793	1,6840	2,1190	2,0980	1,8900
Desvio Padrão	0,3419	0,2206	0,3658	0,2910	0,3091

(Cc) → Corymbia

Resultado - [N/mm²] = Mpa

(Tc) → Teca

O resultado no relatório da máquina universal de ensaios esta em mega pascal [Mpa]



Anova fator único - Tração perpendicular

Anova: fator único

RESUMO

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
T1 (Cc) 100%	10	15,52	1,552	0,116262222
T2 (Cc) 75% + (Tc) 25%	10	20,63	2,063	0,04869
T3 (Cc) 50% + (Tc) 50%	10	26,06	2,606	0,133648889
T4 (Cc) 25% + (Tc) 75%	10	25,58	2,558	0,08464
T5 (Tc) 100%	10	22,71	2,271	0,09601

ANOVA

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	7,36214	4	1,840535	19,20219857	0,0000000028	2,578739
Dentro dos grupos	4,31326	45	0,095850222			
Total	11,6754	49				

Grupos de Tukey Tração perpendicular

Grouping Information Using Tukey Method

	N	Mean	Grouping
T5 (Tc) 100%	10	2,0814	A
T4 (Cc) 25% + (Tc) 75%	10	1,9823	A
T3 (Cc) 50% + (Tc) 50%	10	1,9640	A B
T2 (Cc) 75% + (Tc) 25%	10	1,6482	B
T1 (Cc) 100%	10	1,3227	C

Means that do not share a letter are significantly different.

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

Relatório de Ensaio

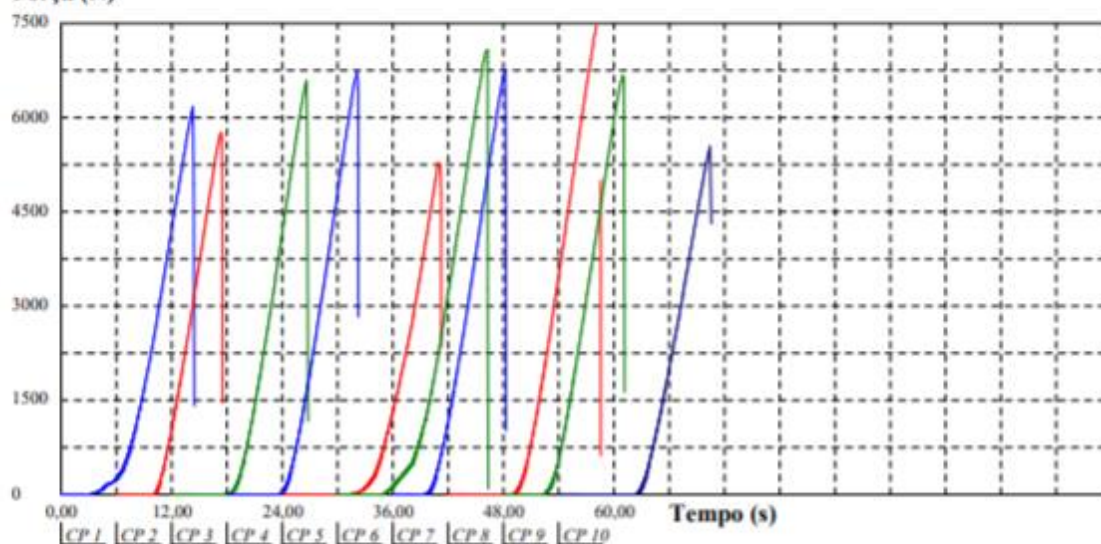
Máquina: **Emic DL30000N** Célula: **Trd 26** Extensômetro: - Data: **21/01/2019** Hora: **12:16:10** Trabalho nº **3652**

Programa: **Tese versã** Método de Ensaio: **Painel aglomerado Tração Perpendicular NBR 14810-2-2013**

Ident. Amostra: >>>>>>> Material: **Painel aglomerado** Traço: **100% Corymbia (CC)** Proj. Pesquisa: **Doutorado Valter**

Corpo de Prova	L (mm)	C (mm)	S (mm ²)	P (N)	TP (MPa)
CP 1	50,16	49,96	2505,99	6177,14	2,46
CP 2	50,26	49,96	2510,99	5766,62	2,30
CP 3	50,27	50,04	2515,51	6592,50	2,62
CP 4	50,17	49,97	2506,99	6744,80	2,69
CP 5	50,26	50,12	2519,03	5286,18	2,10
CP 6	50,26	50,10	2518,03	7084,01	2,81
CP 7	50,25	49,94	2509,48	6764,88	2,70
CP 8	50,27	50,13	2520,04	7657,91	3,04
CP 9	50,20	50,07	2513,51	6679,73	2,66
CP 10	50,22	50,14	2518,03	5543,71	2,20
Número CPs	10	10	10	10	10
Média	50,23	50,04	2514	6430	2,558
Desv. Padrão	0,04185	0,07931	5,151	732,8	0,2910
Coef. Var. (%)	0,08331	0,1585	0,2049	11,40	11,38
Mínimo	50,16	49,94	2506	5286	2,098
Máximo	50,27	50,14	2520	7658	3,039

Força (N)



Observação: Tração perpendicular Carga 2000 N - Doutorado Valter Teca (Tc) 75% + 25% Corymbia (Cc) NBR 14810-2 (2013)

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

Relatório de Ensaio

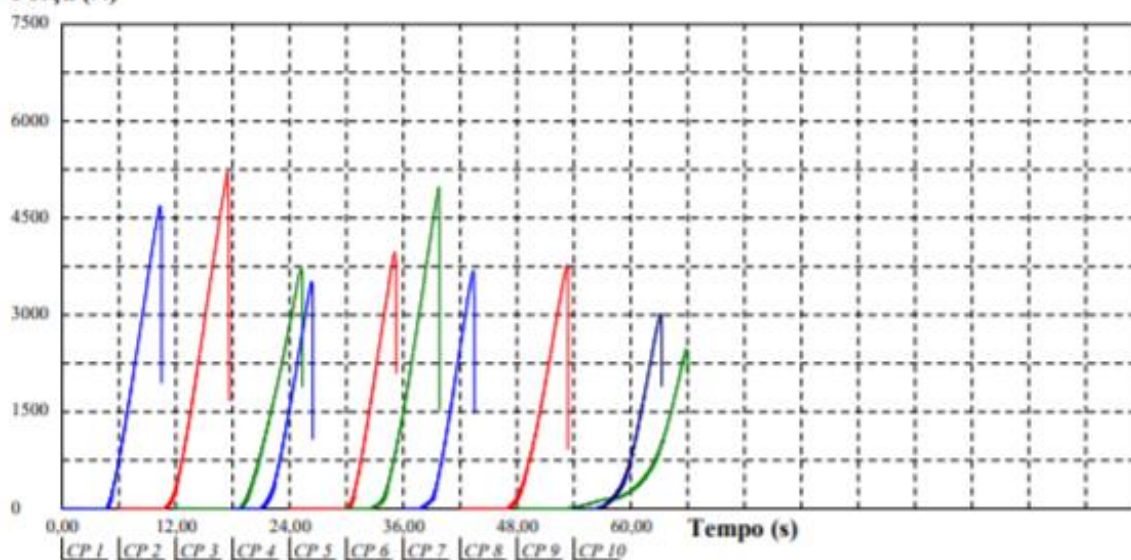
Máquina: **Emic DL30000N** Célula: **Trd 26** Extensômetro: - Data: **21/01/2019** Hora: **12:17:31** Trabalho nº **3653**

Programa: **Tesc versã** Método de Ensaio: **Painel aglomerado Tração Perpendicular NBR 14810-2-2013**

Ident. Amostra: > Material: **Painel aglomerado** Traço: **100 % Corymbia Citriodora (Cc)** Proj. Pesquisa: **Doutorado Valter**

Corpo de Prova	L (mm)	C (mm)	S (mm ²)	P (N)	TP (MPa)
CP 1	50,38	50,05	2521,52	4686,68	1,86
CP 2	50,01	50,18	2509,50	5202,42	2,07
CP 3	50,07	50,28	2517,52	3718,88	1,48
CP 4	50,07	49,94	2500,50	3512,58	1,40
CP 5	50,27	50,00	2513,50	3971,56	1,58
CP 6	49,90	50,11	2500,49	4976,74	1,99
CP 7	50,32	50,20	2526,06	3678,04	1,46
CP 8	50,25	50,07	2516,02	3770,11	1,50
CP 9	50,28	50,19	2523,55	2471,41	0,98
CP 10	50,15	50,24	2519,54	3014,15	1,20
Número CPs	10	10	10	10	10
Média	50,17	50,13	2515	3900	1,551
Desv. Padrão	0,1542	0,1100	8,939	853,4	0,3419
Coef. Var. (%)	0,3074	0,2194	0,3554	21,88	22,04
Mínimo	49,90	49,94	2500	2471	0,9793
Máximo	50,38	50,28	2526	5202	2,073

Força (N)



Observação: Tração perpendicular Carga 2000 N - Doutorado Valter 100 % Corymbia Citriodora (Cc)

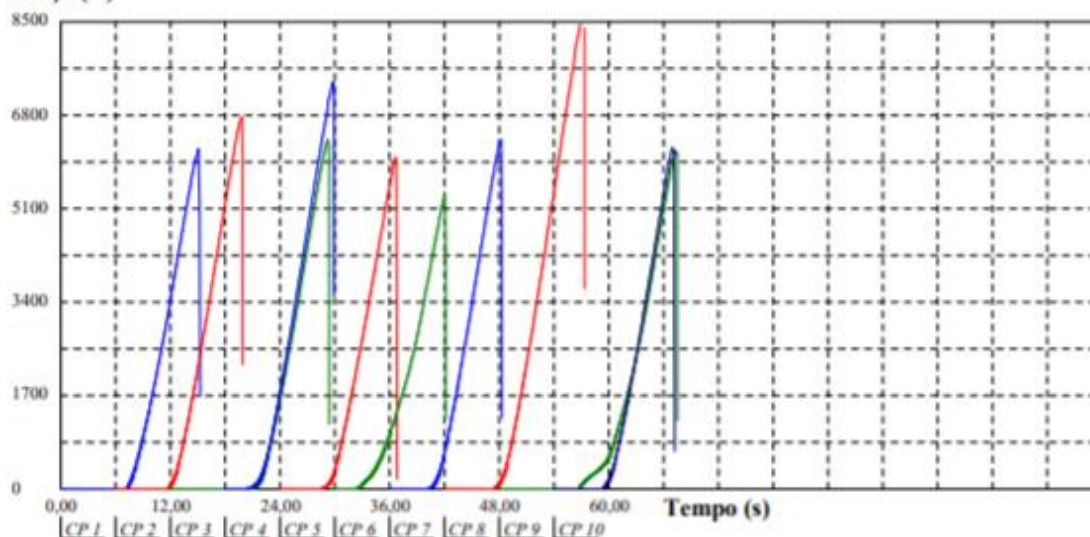
UNESP - Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Engenharia de Bauru - Laboratório de Construção Civil

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL30000N** Célula: **Trd 26** Extensômetro: - Data: **21/01/2019** Hora: **12:19:03** Trabalho n° **3654**
Programa: **Tesc versão 3.0** Método de Ensaio: **Painel aglomerado Tração Perpendicular NBR 14810-2-2013**
Ident. Amostra: >> Material: **Painel aglomerado** Traço: **50 % Teca + 50 % Corymbia** Proj. Pesquisa: **Doutorado Valter**

Corpo de Prova	L (mm)	C (mm)	S (mm ²)	P (N)	TP (MPa)
CP 1	50,12	50,10	2511,01	6191,67	2,47
CP 2	50,20	49,98	2509,00	6776,64	2,70
CP 3	50,10	50,16	2513,02	6362,67	2,53
CP 4	50,29	50,05	2517,01	7403,15	2,94
CP 5	50,19	50,03	2511,01	6035,22	2,40
CP 6	50,32	50,08	2520,03	5340,18	2,12
CP 7	50,29	50,09	2519,03	6346,74	2,52
CP 8	50,23	50,08	2515,52	8701,85	3,46
CP 9	50,30	50,00	2515,00	6152,91	2,45
CP 10	50,28	50,06	2517,02	6215,90	2,47
Número CPs	10	10	10	10	10
Média	50,23	50,06	2515	6553	2,606
Desv. Padrão	0,07757	0,05187	3,669	919,7	0,3658
Coef. Var. (%)	0,1544	0,1036	0,1459	14,04	14,04
Mínimo	50,10	49,98	2509	5340	2,119
Máximo	50,32	50,16	2520	8702	3,459

Força (N)



Observação: Tração perpendicular Carga 2000 N - Doutorado Valter 50% Teca (Tc) + 50% Corymbia Citriodora (Cc) - Norma NBR-14810-2 (2013).

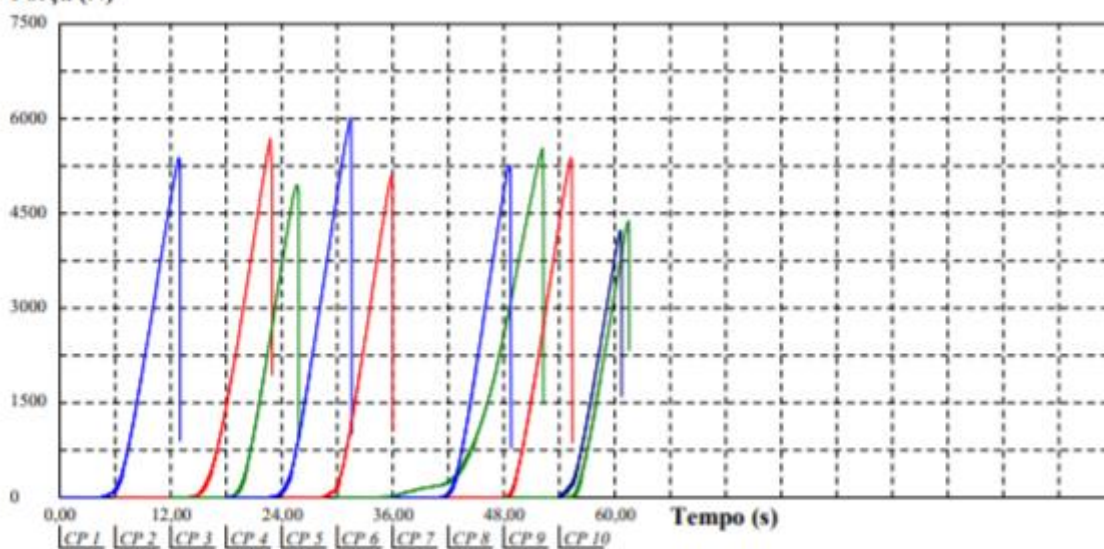
UNESP - Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Engenharia de Bauru - Laboratório de Construção Civil

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL30000N** Célula: **Trd 26** Extensômetro: - Data: **21/01/2019** Hora: **12:19:54** Trabalho nº **3655**
Programa: **Tesc versã** Método de Ensaio: **Painel aglomerado Tração Perpendicular NBR 14810-2-2013**
Ident. Amostra: >> Material: **Painel aglomerado** Traço: **25 % Teca + 75 % Corymbia** Proj. Pesquisa: **Doutorado Valter**

Corpo de Prova	L (mm)	C (mm)	S (mm ²)	P (N)	TP (MPa)
CP 1	50,01	50,28	2514,50	5382,41	2,14
CP 2	50,13	50,16	2514,52	5685,62	2,26
CP 3	50,24	50,23	2523,56	4955,97	1,96
CP 4	50,13	50,05	2509,01	6019,99	2,40
CP 5	50,17	50,28	2522,55	5098,58	2,02
CP 6	50,14	50,31	2522,54	5534,71	2,19
CP 7	50,03	50,29	2516,01	5261,26	2,09
CP 8	50,11	50,18	2514,52	5381,03	2,14
CP 9	50,17	50,11	2514,02	4388,31	1,75
CP 10	50,11	50,14	2512,52	4231,85	1,68
Número CPs	10	10	10	10	10
Média	50,12	50,20	2516	5194	2,064
Desv. Padrão	0,06687	0,08820	4,864	553,3	0,2206
Coef. Var. (%)	0,1334	0,1757	0,1933	10,65	10,69
Mínimo	50,01	50,05	2509	4232	1,684
Máximo	50,24	50,31	2524	6020	2,399

Força (N)



Observação: Tração perpendicular Carga 2000 N - Doutorado Valter 25% Teca (Tc)+ 75% Corymbia Citriodora (Cc) - Norma NBR-14810-2 (2013).

APÊNDICE G - ENSAIOS ARRANCAMENTO DE PARAFUSO TOPO

Arrancamento Parafuso Topo				
Corymbia (Cc) 100%				
Painel	Posição	Corpo de Prova	Força [kgf]	Força Newtons [N]
Ch 1	P 14	CP 1	105,46	1034,21
	P 15	CP 2	102,43	1004,50
Ch 2	P 14	CP 3	120,78	1184,45
	P 15	CP 4	127,35	1248,88
Ch 3	P 14	CP 5	100,88	989,29
	P 15	CP 6	75,04	735,89
Ch 4	P 14	CP 7	108,08	1059,90
	P 15	CP 8	78,98	774,53
Ch 5	P 14	CP 9	63,96	627,23
	P 15	CP 10	52,38	513,67

Corymbia (Cc) 100% [N]	
Máximo	1248,88
Média	917,26
Mínima	513,67
Desvio Padrão	242,31

Arrancamento Parafuso Topo				
Corymbia (Cc) 50% +Teca (Tc) 50%				
Painel	Posição	Corpo de Prova	Força [kgf]	Força Newtons [N]
Ch 1	P 14	CP 1	154,46	1514,74
	P 15	CP 2	155,94	1529,25
Ch 2	P 14	CP 3	137,38	1347,24
	P 15	CP 4	136,31	1336,74
Ch 3	P 14	CP 5	116,90	1146,40
	P 15	CP 6	142,31	1395,58
Ch 4	P 14	CP 7	171,56	1682,43
	P 15	CP 8	129,40	1268,98
Ch 5	P 14	CP 9	162,08	1589,46
	P 15	CP 10	144,36	1415,69

Corymbia (Cc) 50% +Teca (Tc) 50% [N]	
Máximo	1682,43
Média	1422,65
Mínima	1146,40
Desvio Padrão	159,49

Arrancamento Parafuso Topo				
Corymbia (Cc) 75%+ Teca (Tc) 25%				
Painel	Posição	Corpo de Prova	Força [kgf]	Força Newtons [N]
Ch 1	P 14	CP 1	121,98	1313,89
	P 15	CP 2	133,42	1627,51
Ch 2	P 14	CP 3	105,54	1312,52
	P 15	CP 4	123,96	1322,92
Ch 3	P 14	CP 5	119,72	1411,57
	P 15	CP 6	110,05	1193,47
Ch 4	P 14	CP 7	143,02	1523,66
	P 15	CP 8	111,96	1433,05
Ch 5	P 14	CP 9	130,45	1109,43
	P 15	CP 10	115,35	1588,78

Corymbia (Cc) 75%+ Teca (Tc) 25% [N]	
Máximo	1627,51
Média	1383,68
Mínima	1109,43
Desvio Padrão	166,45

Arrancamento Parafuso Topo				
Corymbia (Cc) 25% +Teca (Tc) 75%				
Painel	Posição	Corpo de Prova	Força [kgf]	Força Newtons [N]
Ch 1	P 14	CP 1	133,98	1196,22
	P 15	CP 2	165,96	1308,40
Ch 2	P 14	CP 3	133,84	1034,99
	P 15	CP 4	134,90	1215,63
Ch 3	P 14	CP 5	143,94	1174,05
	P 15	CP 6	121,70	1079,22
Ch 4	P 14	CP 7	155,37	1402,55
	P 15	CP 8	146,13	1097,95
Ch 5	P 14	CP 9	113,13	1279,28
	P 15	CP 10	162,01	1131,20

Corymbia (Cc) 25% +Teca (Tc) 75% [N]	
Máximo	1402,55
Média	1191,95
Mínima	1034,99
Desvio Padrão	113,68

Arrancamento Parafuso Topo				
(Tc) 100 % Teca				
Painel	Posição	Corpo de Prova	Força [kgf]	Força Newtons [N]
Ch 1	P 14	CP 1	146,62	1437,85
	P 15	CP 2	122,76	1203,86
Ch 2	P 14	CP 3	137,02	1343,71
	P 15	CP 4	158,69	1556,22
Ch 3	P 14	CP 5	173,23	1698,81
	P 15	CP 6	169,63	1663,50
Ch 4	P 14	CP 7	153,89	1509,15
	P 15	CP 8	132,85	1302,81
Ch 5	P 14	CP 9	138,86	1361,75
	P 15	CP 10	126,64	1241,91

(TC) 100 % Teca [N]	
Máximo	1698,81
Média	1431,96
Mínima	1203,86
Desvio Padrão	171,20

Resultados do Ensaio de Arrancamento Parafuso Topo em [N]

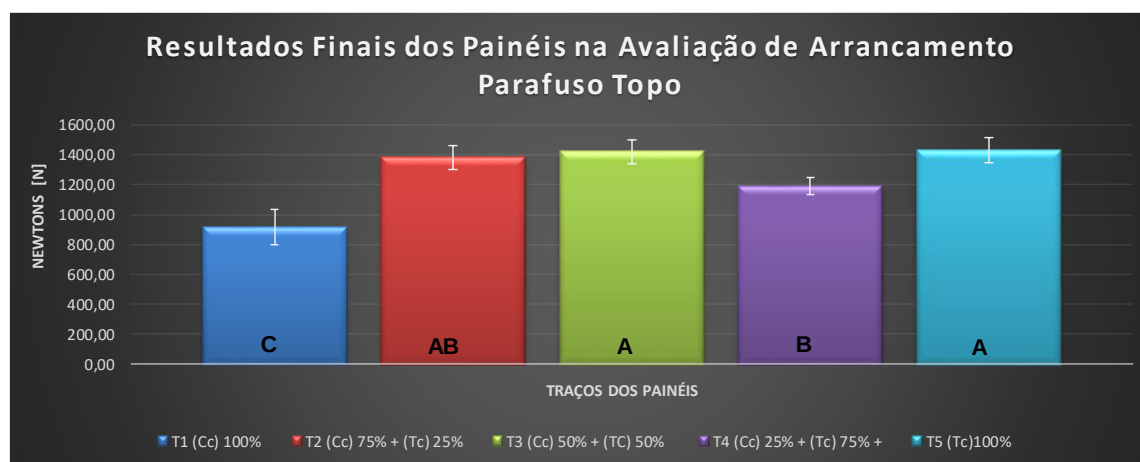
Resultados	T1 (Cc) 100%	T2 (Cc) 75% + (Tc) 25%	T3 (Cc) 50% + (Tc) 50%	T4 (Cc) 25% + (Tc) 75% +	T5 (Tc)100%
Máximo	1248,88	1627,51	1682,43	1402,55	1698,81
Média	917,26	1383,68	1422,65	1191,95	1431,96
Mínima	513,67	1109,43	1146,40	1034,99	1203,86
Desvio Padrão	242,31	166,45	159,49	113,68	171,20

(Cc) → Corymbia

(Tc) → Teca

1 Quilograma Força [kgf] = 9,80665 Newtons [N]

Resultados expressos em Newtons [N]



Anova Fator único- Arrancamento de parafuso Topo

Anova: fator único

RESUMO

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
T1 (Cc) 100%	10	9172,552011	917,2552011	58716,34339
T2 (Cc) 75%+(Tc) 25%	10	13836,79088	1383,679088	27705,29686
T3 (Cc) 50% +(Tc) 50%	10	14226,50715	1422,650716	25436,87856
T4 (Cc) 25% + (Tc) 75%	10	11919,49274	1191,949274	12923,03055
T5 (Tc)100%	10	14319,57226	1431,957226	29310,25929

ANOVA

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	1929748,697	4	482437,1742	15,6542122	0,0000000426	2,5787392
Dentro dos grupos	1386826,278	45	30818,36173			
Total	3316574,975	49				

Grupos de Tukey – Arrancamento de parafuso Topo

Grouping Information Using Tukey Method

	N	Mean	Grouping
T5 (Tc)100%	10	1432,0	A
T3 (Cc) 50% +(Tc) 50%	10	1422,7	A
T2 (Cc) 75%+(Tc) 25%	10	1383,7	A B
T4 (Cc) 25% + (Tc) 75%	10	1191,9	B
T1 (Cc) 100%	10	917,3	C

Means that do not share a letter are significantly different.

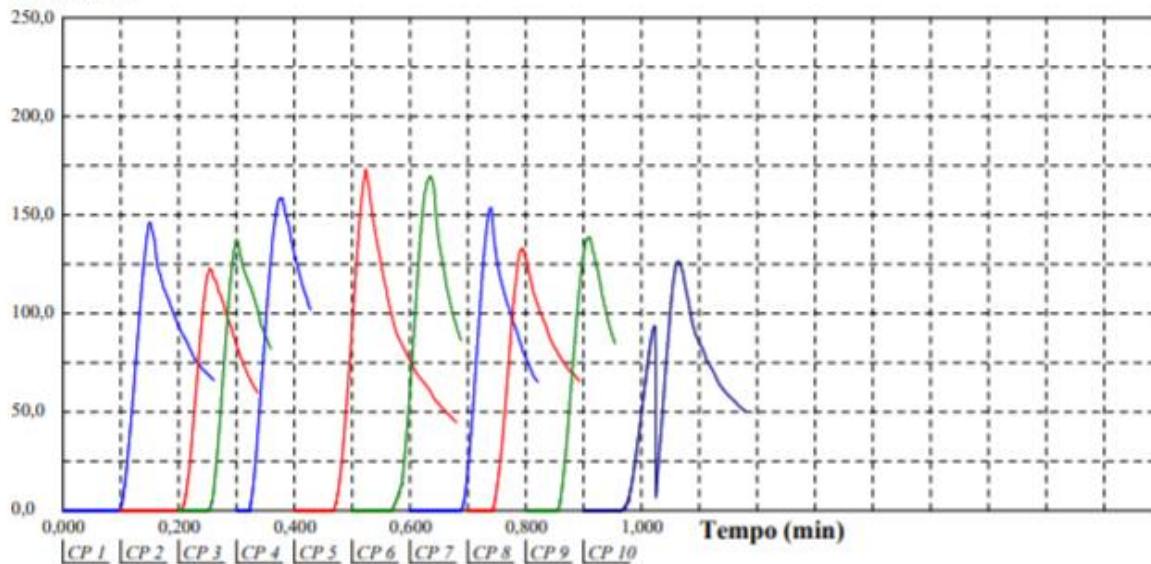
UNESP - Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Engenharia de Bauru - Laboratório de Construção Civil

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL30000N** Célula: **Trd 26** Extensômetro: - Data: **17/12/2018** Hora: **14:56:26** Trabalho n° **3602**
Programa: **Tesc vers** Método de Ensaio: **Painel Aglomerado Arrancamento de Parafuso norma NBR 14810-2-2013**
Ident. Amostra: >>>>>> Material: **Aglomerado** Ensaio: **Arrancamento parafuso** Interessado: **valter**

Corpo de Prova	Força Máxima (kgf)
CP 1	146,62
CP 2	122,76
CP 3	137,02
CP 4	158,69
CP 5	173,23
CP 6	169,63
CP 7	153,89
CP 8	132,85
CP 9	138,86
CP 10	126,64
Número CPs	10
Média	146,0
Desv. Padrão	17,46
Coef. Var. (%)	11,96
Mínimo	122,8
Máximo	173,2

Força (kgf)



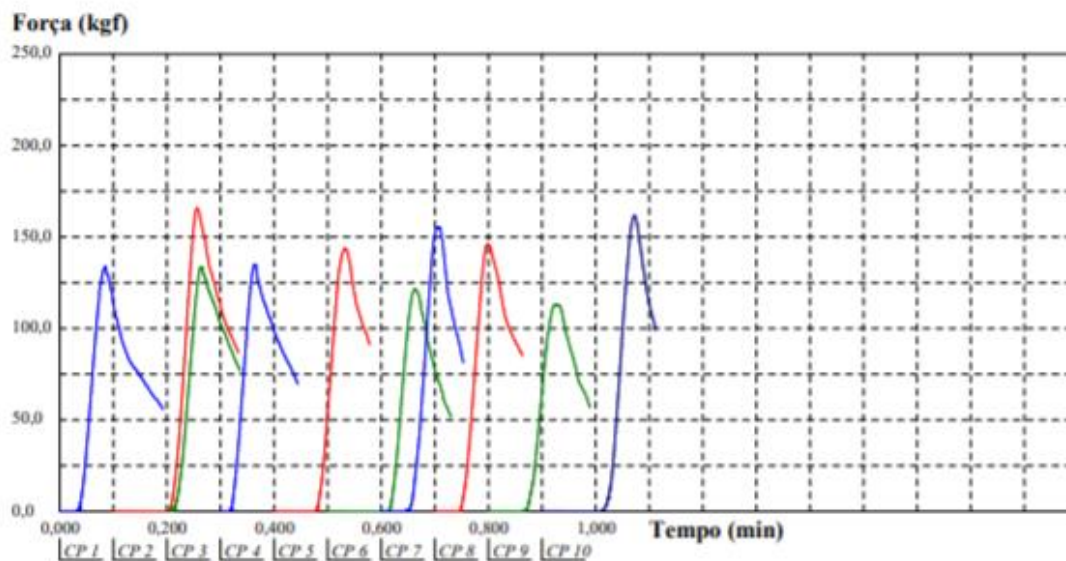
Observação: Arrancamento de Parafuso Topo, 100%Teca (Tc)- Norma NBR 14810-2 (2013)

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

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL30000N** Célula: **Trd 26** Extensômetro: - Data: **17/12/2018** Hora: **14:58:28** Trabalho nº **3603**
Programa: **Tesc vers** Método de Ensaio: **Painel Aglomerado Arrancamento de Parafuso norma NBR ABNT 14810-2 2013**
Ident. Amostra: >>>>>>>> Material: **Aglomerado** Ensaio: **Arrancamento parafuso topo 75%Teca** Interessado: **valter**

Corpo de Prova	Força Máxima (kgf)
CP 1	133,98
CP 2	165,96
CP 3	133,84
CP 4	134,90
CP 5	143,94
CP 6	121,70
CP 7	155,37
CP 8	146,13
CP 9	113,16
CP 10	162,01
Número CPs	10
Média	141,1
Desv. Padrão	16,97
Coef. Var. (%)	12,03
Mínimo	113,2
Máximo	166,0



Observação: Arrancamento Parafuso Topo, 75%Teca (TC)+25 Corymbia (CC)- Norma NBR 14810-2 (2013)

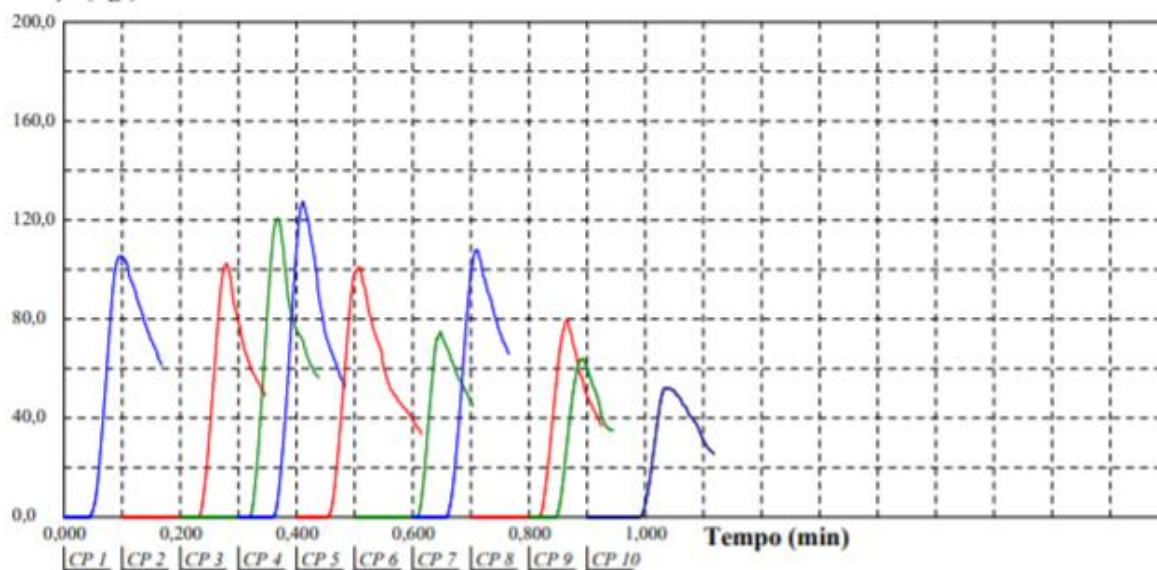
UNESP - Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Engenharia de Bauru - Laboratório de Construção Civil

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL30000N** Célula: **Trd 26** Extensômetro: - Data: **17/12/2018** Hora: **15:01:40** Trabalho n° **3606**
Programa: **Tesc vers** Método de Ensaio: **Painel Aglomerado Arrancamento de Parafuso norma NBR ABNT 14810-2 2013**
Ident. Amostra: >>>>>>>> Material: **Aglomerado** Ensaio: **Arrancamento parafuso 100% Corymbia** Interessado: **valter**

Corpo de Prova	Força Máxima (kgf)
CP 1	105,46
CP 2	102,43
CP 3	120,78
CP 4	127,35
CP 5	100,88
CP 6	75,04
CP 7	108,08
CP 8	79,98
CP 9	63,96
CP 10	52,38
Número CPs	10
Média	93,63
Desv. Padrão	24,65
Coef. Var. (%)	26,32
Mínimo	52,38
Máximo	127,3

Força (kgf)



Observação: Arrancamento de Parafuso Topo, 100 % Corymbia (Cc)- Norma NBR 14810-2 (2013)

APÊNDICE H - ENSAIOS ARRANCAMENTO DE PARAFUSO FACE

Arrancamento Parafuso Face				
Corymbia (Cc) 25 % +Teca (Tc) 75%				
Painel	Posição	Corpo de Prova	Força [kgf]	Força Newtons [N]
Ch 1	P 12	CP 1	149,94	1470,41
	P 13	CP 2	159,26	1561,81
Ch 2	P 12	CP 3	147,33	1444,81
	P 13	CP 4	135,54	1329,19
Ch 3	P 12	CP 5	156,79	1537,58
	P 13	CP 6	112,45	1102,76
Ch 4	P 12	CP 7	136,81	1341,65
	P 13	CP 8	144,29	1415,00
Ch 5	P 12	CP 9	158,76	1556,90
	P 13	CP 10	139,70	1369,99

Corymbia (Cc) 25 % +Teca (Tc) 75% [N]	
Máximo	1561,81
Média	1413,01
Mínima	1102,76
Desvio Padrão	138,60

Arrancamento Parafuso Face				
Corymbia (Cc) 75% + Teca (Tc) 25%				
Painel	Posição	Corpo de Prova	Força [kgf]	Força Newtons [N]
Ch 1	P 12	CP 1	125,65	1232,21
	P 13	CP 2	139,49	1367,93
Ch 2	P 12	CP 3	131,65	1291,05
	P 13	CP 4	117,04	1147,77
Ch 3	P 12	CP 5	132,64	1300,75
	P 13	CP 6	110,55	1084,13
Ch 4	P 12	CP 7	133,07	1304,97
	P 13	CP 8	123,25	1208,67
Ch 5	P 12	CP 9	134,34	1317,43
	P 13	CP 10	121,35	1190,04

Corymbia (Cc) 75% + Teca (Tc) 25% [N]	
Máximo	1367,93
Média	1244,49
Mínima	1084,13
Desvio Padrão	87,57

Arrancamento Parafuso Face				
Corymbia (CC) 100%				
Painel	Posição	Corpo de Prova	Força [kgf]	Força Newtons [N]
Ch 1	P 12	CP 1	109,77	1076,48
	P 13	CP 2	91,13	893,68
Ch 2	P 12	CP 3	110,34	1082,07
	P 13	CP 4	94,24	924,18
Ch 3	P 12	CP 5	123,82	1214,26
	P 13	CP 6	83,79	821,70
Ch 4	P 12	CP 7	106,31	1042,54
	P 13	CP 8	92,33	905,45
Ch 5	P 12	CP 9	78,08	765,70
	P 13	CP 10	69,67	683,23

Corymbia (CC) 100% [N]	
Máximo	1214,26
Média	940,93
Mínima	683,23
Desvio Padrão	162,76

Arrancamento Parafuso Face				
Corymbia (Cc) 50%+ Teca (Tc) 50%				
Painel	Posição	Corpo de Prova	Força [kgf]	Força Newtons [N]
Ch 1	P 12	CP 1	164,06	1608,88
	P 13	CP 2	144,78	1419,81
Ch 2	P 12	CP 3	156,15	1531,31
	P 13	CP 4	126,36	1239,17
Ch 3	P 12	CP 5	166,10	1628,88
	P 13	CP 6	137,58	1349,20
Ch 4	P 12	CP 7	148,24	1453,74
	P 13	CP 8	133,91	1313,21
Ch 5	P 12	CP 9	159,19	1561,12
	P 13	CP 10	150,93	1480,12

Corymbia (Cc) 50%+ Teca (Tc) 50% [N]	
Máximo	1628,88
Média	1458,54
Mínima	1239,17
Desvio Padrão	129,37

Arrancamento Parafuso Face				
(Tc) 100% Teca				
Painel	Posição	Corpo de Prova	Força [kgf]	Força Newtons [N]
Ch 1	P 12	CP 1	127,77	1253,00
	P 13	CP 2	125,51	1230,83
Ch 2	P 12	CP 3	141,25	1385,19
	P 13	CP 4	131,51	1289,67
Ch 3	P 12	CP 5	154,39	1514,05
	P 13	CP 6	135,75	1331,25
Ch 4	P 12	CP 7	127,14	1246,82
	P 13	CP 8	120,36	1180,33
Ch 5	P 12	CP 9	127,21	1247,50
	P 13	CP 10	106,17	1041,17

Resultados Teca (Tc) 100% [N]	
Máximo	1514,05
Média	1271,98
Mínima	1041,17
Desvio Padrão	124,81

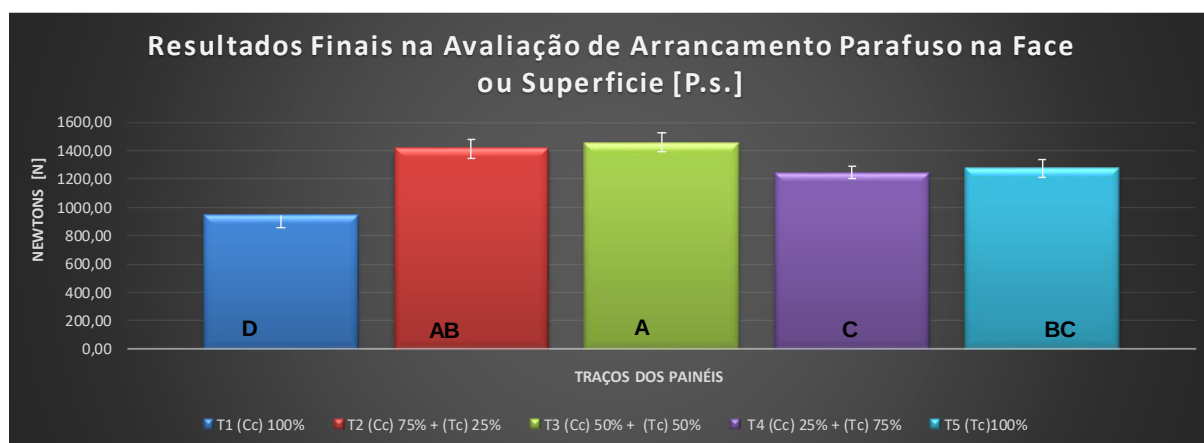
Resultados do Ensaio de Arrancamento Parafuso Face

Resultados	T1 (Cc) 100%	T2 (Cc) 75% + (Tc) 25%	T3 (Cc) 50% + (Tc) 50%	T4 (Cc) 25% + (Tc) 75%	T5 (Tc)100%
Máximo	1214,26	1561,81	1628,88	1367,93	1253,00
Média	940,93	1413,01	1458,54	1244,49	1271,98
Mínima	683,23	1102,76	1239,17	1084,13	1041,17
Desvio Padrão	162,76	138,60	129,37	87,57	124,81

(CC) → Corymbia

(TC) → Teca

1 Quilograma Força [kgf] = 9,80665 Newtons [N]



Anova fator único – arrancamento de parafuso face

Anova: fator único

RESUMO

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
T1 (Cc) 100%	10	9409,284542	940,9284542	26492,08523
T2 (Cc) 75% + (Tc) 25%	10	14130,10779	1413,010779	19211,10719
T3 (Cc) 50% + (Tc) 50%	10	14585,43055	1458,543055	16736,29902
T4 (Cc) 25% + (Tc) 75%	10	12444,93305	1244,493305	7668,735538
T5 (Tc) 100%	10	12719,81345	1271,981345	15577,55104

ANOVA

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	1648546,036	4	412136,5089	24,0492949	0,0000000001	2,57873918
Dentro dos grupos	771172,0022	45	17137,1556			
Total	2419718,038	49				

Grupos de Tukey – arrancamento parafuso face

Grouping Information Using Tukey Method

	N	Mean	Grouping
T3 (Cc) 50% + (Tc) 50%	10	1458,5	A
T2 (Cc) 75% + (Tc) 25%	10	1413,0	A B
T5 (Tc) 100%	10	1272,0	B C
T4 (Cc) 25% + (Tc) 75%	10	1244,5	C
T1 (Cc) 100%	10	940,9	D

Means that do not share a letter are significantly different.

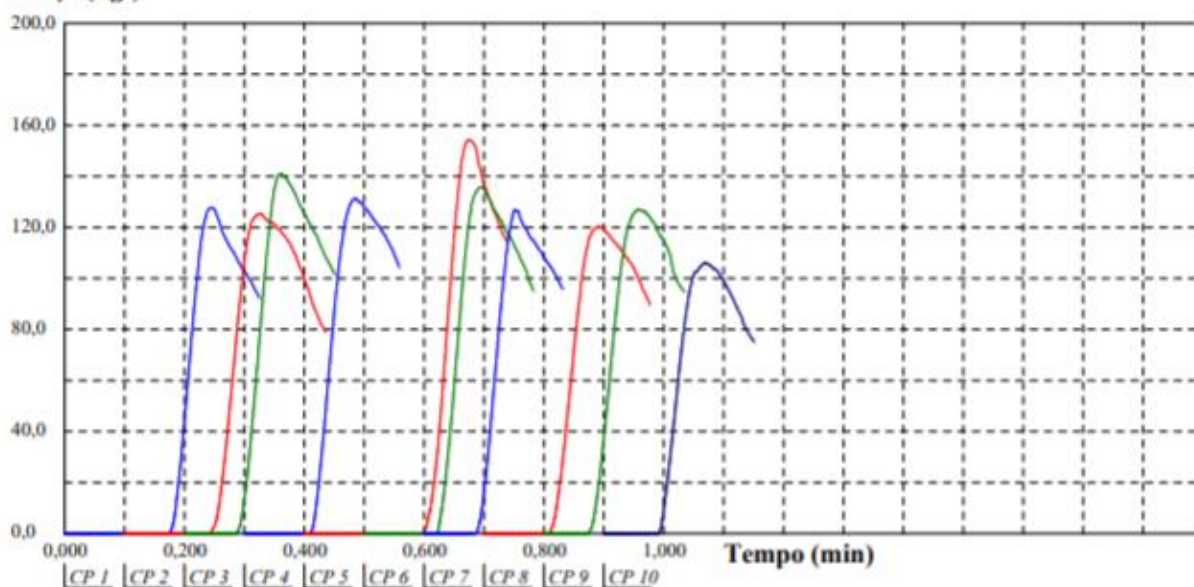
UNESP - Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Engenharia de Bauru - Laboratório de Construção Civil

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL30000N** Célula: **Trd 26** Extensômetro: - Data: **17/12/2018** Hora: **15:04:37** Trabalho n° **3607**
Programa: **Tesc vers** Método de Ensaio: **Painel Aglomerado Arrancamento de Parafuso norma NBR ABNT 14810-2 2013**
Ident. Amostra: >>>>>>>> Material: **Aglomerado** Ensaio: **Arrancamento parafuso Face 100%teca** Interessado: **valter**

Corpo de Prova	Força Máxima (kgf)
CP 1	127,77
CP 2	125,51
CP 3	141,26
CP 4	131,51
CP 5	154,39
CP 6	135,75
CP 7	127,14
CP 8	120,36
CP 9	127,21
CP 10	106,17
Número CPs	10
Média	129,7
Desv.Padrão	12,73
Coef.Var.(%)	9,812
Mínimo	106,2
Máximo	154,4

Força (kgf)



Observação: Arrancamento de Parafuso Face, 100%Teca (Tc)- Norma NBR 14810-2 (2013)

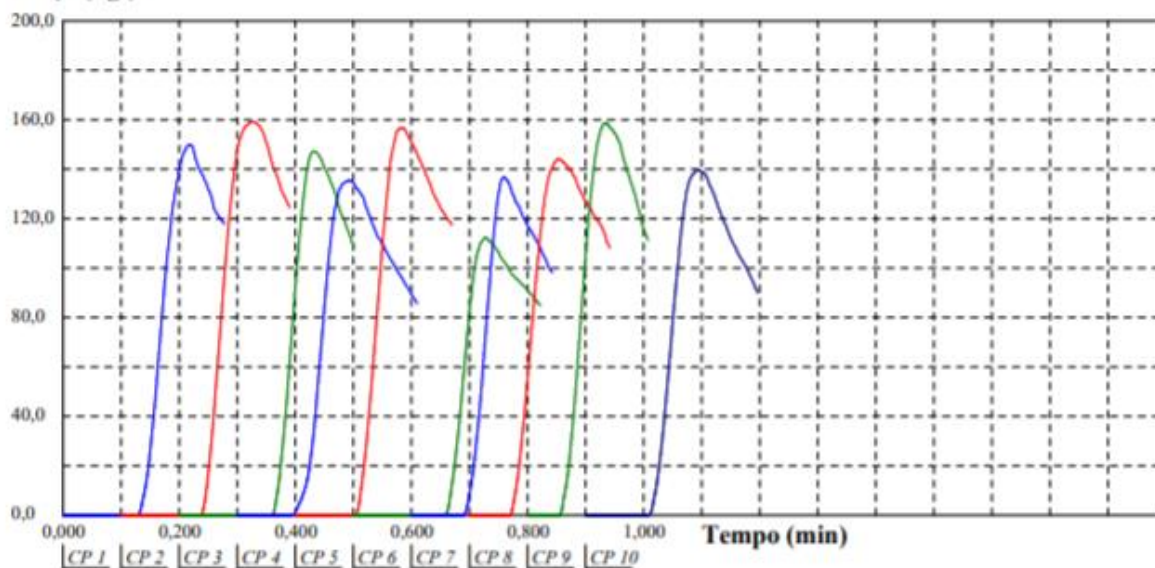
UNESP - Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Engenharia de Bauru - Laboratório de Construção Civil

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL30000N** Célula: **Trd 26** Extensômetro: - Data: **17/12/2018** Hora: **15:05:43** Trabalho n° **3608**
Programa: **Tesc vers** Método de Ensaio: **Painel Aglomerado Arrancamento de Parafuso norma NBR ABNT 14810-2 2013**
Ident. Amostra: >>>>>>>>> Material: **Aglomerado** Ensaio: **Arrancamento parafuso Face 75% teca** Interessado: **valter**

Corpo de Prova	Força Máxima (kgf)
CP 1	149,94
CP 2	159,26
CP 3	147,33
CP 4	135,54
CP 5	156,79
CP 6	112,45
CP 7	136,81
CP 8	144,29
CP 9	158,76
CP 10	139,70
Número CPs	10
Média	144,1
Desv.Padrão	14,13
Coef.Var.(%)	9,808
Mínimo	112,5
Máximo	159,3

Força (kgf)



Observação: Arrancamento de Parafuso Face, 75%Teca (Tc) + 25% Corymbia (Cc)- Norma NBR 14810-2 (2013)

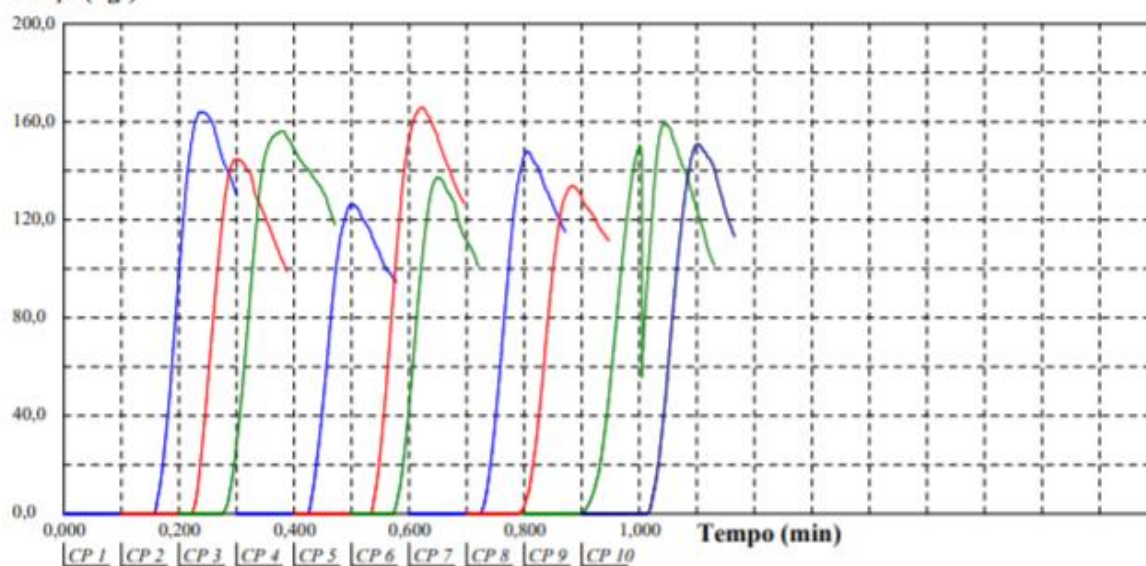
UNESP - Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Engenharia de Bauru - Laboratório de Construção Civil

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL30000N** Célula: **Trd 26** Extensômetro: - Data: **17/12/2018** Hora: **15:06:50** Trabalho n° **3609**
Programa: **Tesc vers** Método de Ensaio: **Painel Aglomerado Arrancamento de Parafuso norma NBR ABNT 14810-2 2013**
Ident. Amostra: >>>>>>>> Material: **Aglomerado** Ensaio: **Arrancamento parafuso Face 50% teca** Interessado: **valter**

Corpo de Prova	Força Máxima (kgf)
CP 1	164,06
CP 2	144,78
CP 3	156,15
CP 4	126,36
CP 5	166,10
CP 6	137,58
CP 7	148,24
CP 8	133,91
CP 9	159,19
CP 10	150,93
Número CPs	10
Média	148,7
Desv.Padrão	13,19
Coef.Var.(%)	8,869
Mínimo	126,4
Máximo	166,1

Força (kgf)



Observação: Arrancamento de Parafuso Face, 50 %Teca (Tc) + 50 % Corymbia (Cc)- Norma NBR 14810-2 (2013)

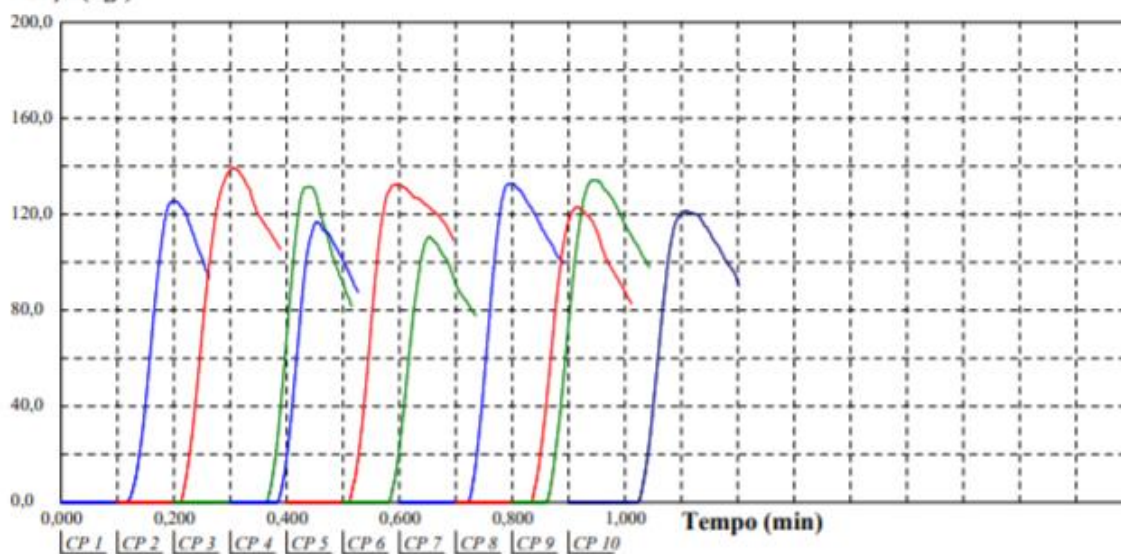
UNESP - Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Engenharia de Bauru - Laboratório de Construção Civil

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL30000N** Célula: **Trd 26** Extensômetro: - Data: **17/12/2018** Hora: **15:07:39** Trabalho n° **3610**
Programa: **Tesc vers** Método de Ensaio: **Painel Aglomerado Arrancamento de Parafuso norma NBR ABNT 14810-2 2013**
Ident. Amostra: >>>>>>>> Material: **Aglomerado** Ensaio: **Arrancamento parafuso Face 25% Teca** Interessado: **valter**

Corpo de Prova	Força Máxima (kgf)
CP 1	125,65
CP 2	139,49
CP 3	131,65
CP 4	117,04
CP 5	132,64
CP 6	110,55
CP 7	133,07
CP 8	123,25
CP 9	134,34
CP 10	121,35
Número CPs	10
Média	126,9
Desv. Padrão	8,930
Coef. Var. (%)	7,037
Mínimo	110,5
Máximo	139,5

Força (kgf)



Observação: Arrancamento Parafuso Face, 25 %Teca (Tc) + 75 % Corymbia (Cc)- Norma NBR 14810-2 (2013)

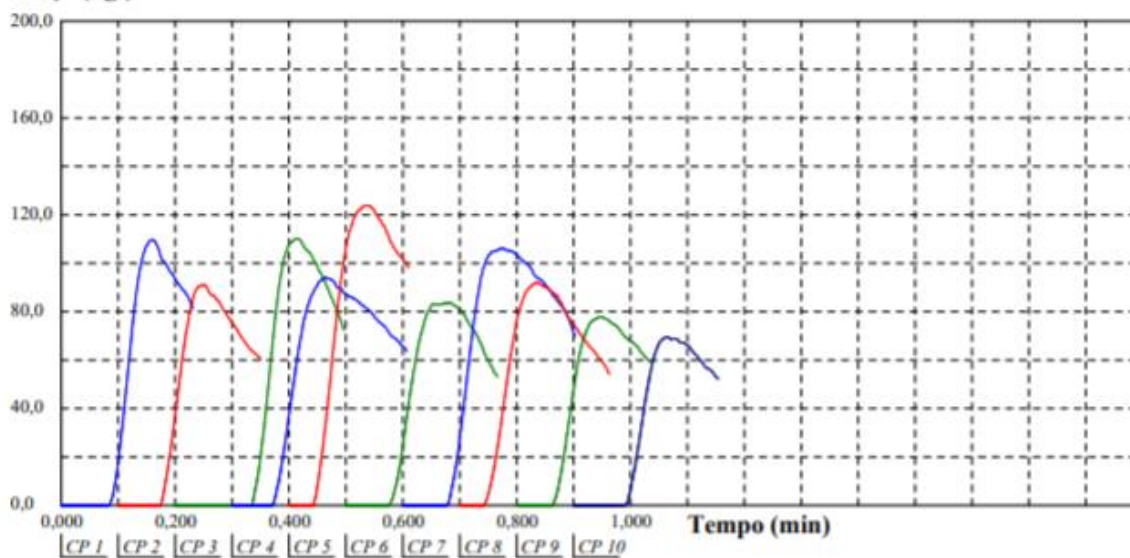
UNESP - Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Engenharia de Bauru - Laboratório de Construção Civil

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL30000N** Célula: **Trd 26** Extensômetro: - Data: **17/12/2018** Hora: **15:08:27** Trabalho n° **3611**
Programa: **Tesc vers** Método de Ensaio: **Painel Aglomerado Arrancamento de Parafuso norma NBR ABNT 14810-2 2013**
Ident. Amostra: > Material: **Aglomerado** Ensaio: **Arrancamento parafuso Face 100% Corymbia (CC)** Interessado: **valter**

Corpo de Prova	Força Máxima (kgf)
CP 1	109,77
CP 2	91,13
CP 3	110,34
CP 4	94,24
CP 5	123,82
CP 6	83,79
CP 7	106,31
CP 8	92,33
CP 9	78,08
CP 10	69,67
Número CPs	10
Média	95,95
Desv.Padrão	16,60
Coef.Var.(%)	17,30
Mínimo	69,67
Máximo	123,8

Força (kgf)



Observação: Arrancamento Parafuso Face, 100 % Corymbia (Cc)- Norma NBR 14810-2 (2013)

Tração Superficial			
Corymbia (Cc) 100%			
Painel	Posição	Corpo de Prova	Força [MPa]
Ch 1	P 3	CP 1	1,18
	P 7	CP 2	1,70
Ch 2	P 3	CP 3	1,64
	P 7	CP 4	1,15
Ch 3	P 3	CP 5	1,23
	P 7	CP 6	1,37
Ch 4	P 3	CP 7	1,37
	P 7	CP 8	1,06
Ch 5	P 3	CP 9	1,33
	P 7	CP 10	1,20

Resultados Corymbia (Cc) 100% [MPa]	
Máximo	1,70
Média	1,32
Mínima	1,06
Desvio Padrão	0,21

Tração Superficial			
Corymbia (Cc) 50% + Teca (Tc) 50%			
Painel	Posição	Corpo de Prova	Força [MPa]
Ch 1	P 3	CP 1	2,21
	P 7	CP 2	1,92
Ch 2	P 3	CP 3	1,93
	P 7	CP 4	1,95
Ch 3	P 3	CP 5	1,85
	P 7	CP 6	1,74
Ch 4	P 3	CP 7	1,33
	P 7	CP 8	2,56
Ch 5	P 3	CP 9	2,02
	P 7	CP 10	2,12

Corymbia (Cc) 50% + Teca (Tc) 50% [MPa]	
Máximo	2,56
Média	1,96
Mínima	1,33
Desvio Padrão	0,32

Tração Superficial			
Corymbia (Cc) 75%+ Teca (Tc) 25%			
Painel	Posição	Corpo de Prova	Força [MPa]
Ch 1	P 3	CP 1	1,66
	P 7	CP 2	1,48
Ch 2	P 3	CP 3	1,58
	P 7	CP 4	1,45
Ch 3	P 3	CP 5	1,66
	P 7	CP 6	2,02
Ch 4	P 3	CP 7	1,39
	P 7	CP 8	1,47
Ch 5	P 3	CP 9	2,19
	P 7	CP 10	1,58

Corymbia (Cc) 75%+ Teca (Tc) 25% [MPa]	
Máximo	2,19
Média	1,65
Mínima	1,39
Desvio Padrão	0,26

Tração Superficial			
Corymbia (Cc) 25% + Teca (Tc) 75%			
Painel	Posição	Corpo de Prova	Força [MPa]
Ch 1	P 3	CP 1	1,87
	P 7	CP 2	2,02
Ch 2	P 3	CP 3	2,05
	P 7	CP 4	1,62
Ch 3	P 3	CP 5	2,12
	P 7	CP 6	2,05
Ch 4	P 3	CP 7	2,17
	P 7	CP 8	1,73
Ch 5	P 3	CP 9	2,01
	P 7	CP 10	2,19

Corymbia (Cc) 25% + Teca (Tc) 75% [MPa]	
Máximo	2,19
Média	1,98
Mínima	1,62
Desvio Padrão	0,19

Tração Superficial			
Teca(TC) 100%			
Painel	Posição	Corpo de Prova	Força [MPa]
Ch 1	P 3	CP 1	1,88
	P 7	CP 2	2,21
Ch 2	P 3	CP 3	2,45
	P 7	CP 4	2,31
Ch 3	P 3	CP 5	1,63
	P 7	CP 6	1,77
Ch 4	P 3	CP 7	2,41
	P 7	CP 8	2,04
Ch 5	P 3	CP 9	1,99
	P 7	CP 10	2,12

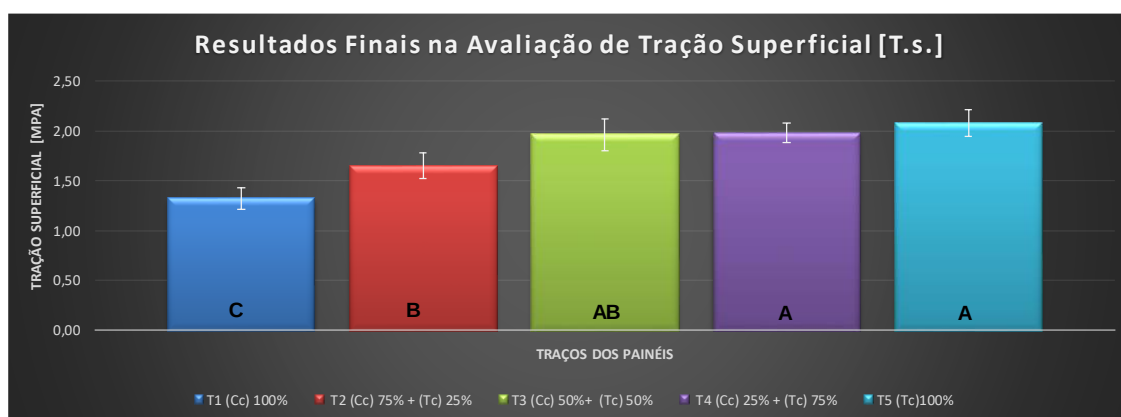
Resultados Teca(TC) 100% [MPa]	
Máximo	2,45
Média	2,08
Mínima	1,63
Desvio Padrão	0,27

Resultados do Ensaio de Tração Superficial em [MPa]					
Resultados	T1 (Cc) 100%	T2 (Cc) 75% + (Tc) 25%	T3 (Cc) 50%+ (Tc) 50%	T4 (Cc) 25% + (Tc) 75%	T5 (Tc)100%
Máximo	1,70	2,19	2,56	2,19	2,45
Média	1,32	1,65	1,96	1,98	2,08
Mínima	1,06	1,39	1,33	1,62	1,63
Desvio Padrão	0,21	0,26	0,32	0,19	0,27

(CC) → Corymbia

(TC) → Teca

Mega Pascal - [MPa]



Anova fator único – Tração superficial

Anova: fator único

RESUMO

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
T1 (Cc) 100%	10	13,2273	1,32273	0,0432933
T2 (Cc) 75% + (Tc) 25%	10	16,482	1,6482	0,06689172
T3 (Cc) 50% + (Tc) 50%	10	19,6398	1,96398	0,10170056
T4 (Cc) 25% + (Tc) 75%	10	19,823	1,9823	0,03512143
T5 (Tc) 100%	10	20,8137	2,08137	0,07443593

ANOVA

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	3,901212969	4	0,975303242	15,1707059	0,0000000632	2,57873918
Dentro dos grupos	2,892986398	45	0,064288587			
Total	6,794199367	49				

Grupos de Tukey – Tração superficial

Grouping Information Using Tukey Method

	N	Mean	Grouping
T5 (Tc) 100%	10	2,0814	A
T4 (Cc) 25% + (Tc) 75%	10	1,9823	A
T3 (Cc) 50% + (Tc) 50%	10	1,9640	A B
T2 (Cc) 75% + (Tc) 25%	10	1,6482	B
T1 (Cc) 100%	10	1,3227	C

Means that do not share a letter are significantly different.

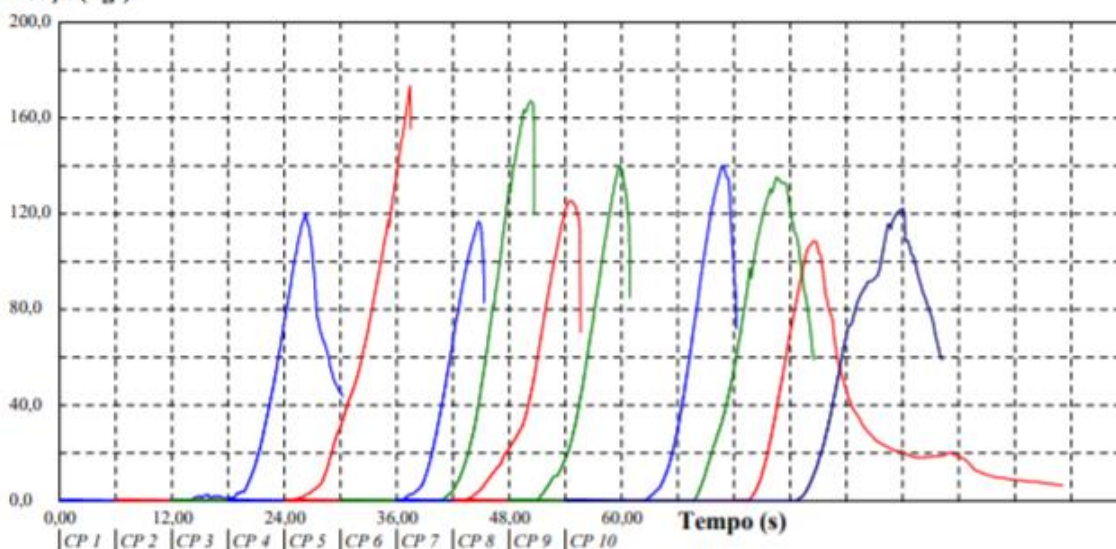
UNESP - Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Engenharia de Bauru - Laboratório de Construção Civil

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL30000N** Célula: **Trd 26** Extensômetro: - Data: **18/12/2018** Hora: **09:43:43** Trabalho n° **3620**
Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio:
Ident. Amostra: >>>> Norma NBR: **14810-2/2013** Traço: **Aglomerado 100% Corymbia(CC)** Trabalho: **Doutorado valter**

Corpo de Prova	"diâmetro dispositivo" (mm)	Força máxima (kgf)	RS (kgf/cm ²)
CP 1	35,7	120,36	12,02
CP 2	35,7	173,37	17,32
CP 3	35,7	167,44	16,73
CP 4	35,7	117,04	11,69
CP 5	35,7	125,87	12,57
CP 6	35,7	139,70	13,96
CP 7	35,7	140,20	14,01
CP 8	35,7	108,64	10,85
CP 9	35,7	135,33	13,52
CP 10	35,7	122,27	12,21
Número CPs	10	10	10
Média	35,70	135,0	13,49
Desv. Padrão	0,0000	21,22	2,120
Coef. Var. (%)	0,0000	15,71	15,71
Mínimo	35,70	108,6	10,85
Máximo	35,70	173,4	17,32

Força (kgf)



Observação: Resistencia a Tração superficial - 100% Corymbia (CC) - NBR-14810-2 (2013).

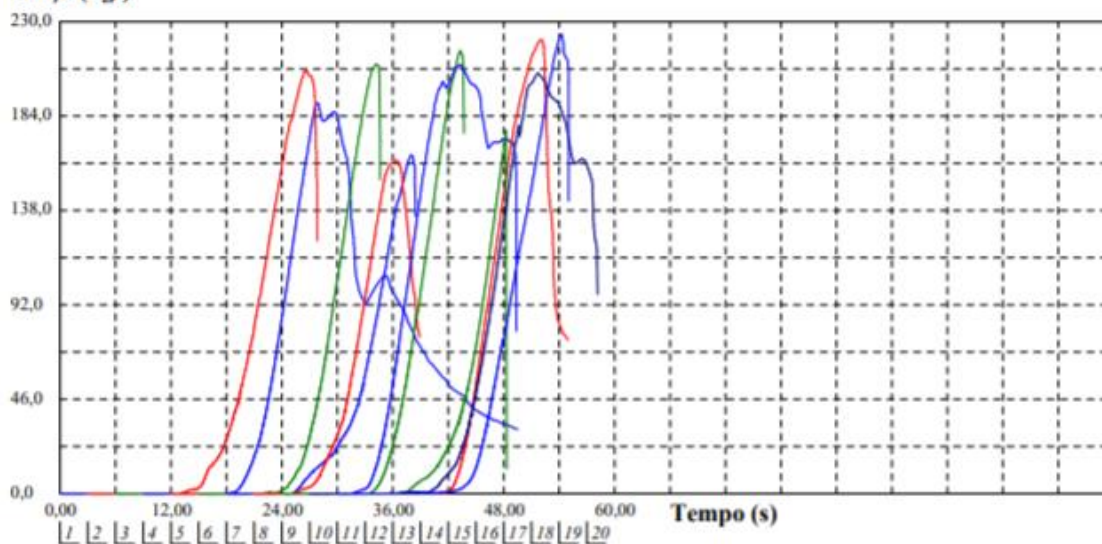
UNESP - Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Engenharia de Bauru - Laboratório de Construção Civil

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL30000N** Célula: **Trd 26** Extensômetro: - Data: **18/12/2018** Hora: **09:49:43** Trabalho n° **3623**
Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Painel Aglomerado - Resistência à Tração Superficial**
Ident. Amostra: >>>>>>>> Norma NBR: **14810-2/2013** Traço: **75% Teca +25% Corymbia** Trabalho: **Doutorado Valter**

Corpo de Prova	*diâmetro dispositivo* (mm)	Força máxima (kgf)	RS (kgf/cm ²)
CP 1	35,7	190,39	19,02
CP 2	35,7	206,41	20,62
CP 3	35,7	209,52	20,93
CP 4	35,7	165,19	16,50
CP 5	35,7	162,57	16,24
CP 6	35,7	215,94	21,57
CP 7	35,7	208,95	20,87
CP 8	35,7	221,17	22,09
CP 9	35,7	176,97	17,68
CP 10	35,7	205,00	20,48
CP 11	35,7	224,06	22,38
Número CPs	11	11	11
Média	35,70	198,7	19,85
Desv.Padrão	0,0000	21,76	2,174
Coef.Var.(%)	0,0000	10,95	10,95
Mínimo	35,70	162,6	16,24
Máximo	35,70	224,1	22,38

Força (kgf)



Observação: Resistência a Tração superficial - 75% Teca (TC)+ 25%% Corymbia (CC) - NBR-14810-2 (2013).

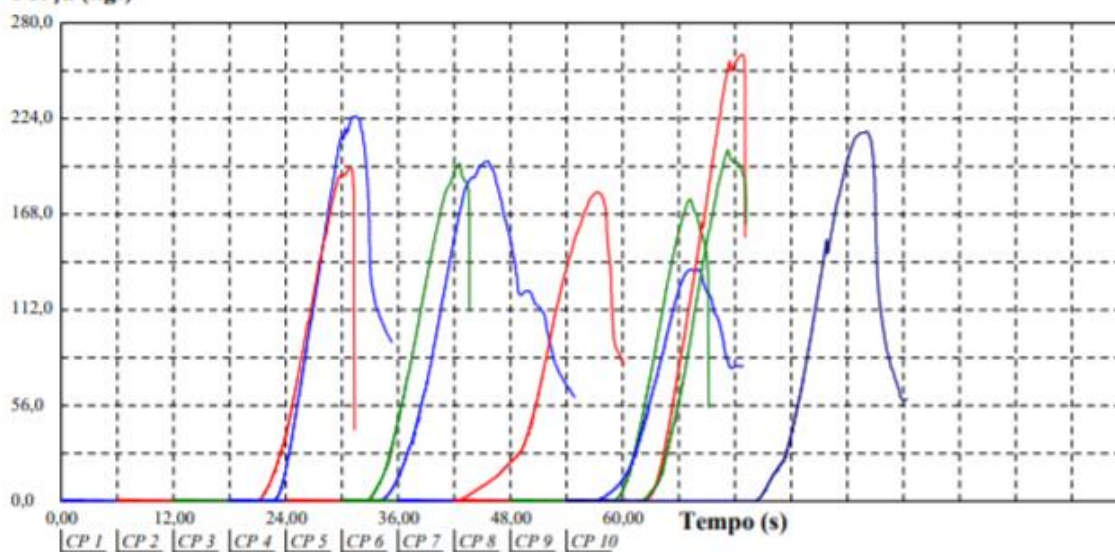
UNESP - Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Engenharia de Bauru - Laboratório de Construção Civil

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL30000N** Célula: **Trd 26** Extensômetro: - Data: **18/12/2018** Hora: **11:31:36** Trabalho n° **3631**
Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Painel Aglomerado - Resistência à Tração Superficial**
Ident. Amostra: >>>>>>>> Norma NBR: **14810-2/2013** Traço: **50% Teca +50% Corymbia** Trabalho: **Doutorado Valter**

Corpo de Prova	*diâmetro dispositivo* (mm)	Força máxima (kgf)	RS (kgf/cm ²)
CP 1	35,7	225,75	22,55
CP 2	35,7	195,68	19,55
CP 3	35,7	197,52	19,73
CP 4	35,7	199,28	19,91
CP 5	35,7	180,93	18,08
CP 6	35,7	177,33	17,72
CP 7	35,7	135,89	13,58
CP 8	35,7	261,69	26,14
CP 9	35,7	205,92	20,57
CP 10	35,7	216,65	21,64
Número CPs	10	10	10
Média	35,70	199,7	19,95
Desv. Padrão	0,0000	32,99	3,295
Coef. Var. (%)	0,0000	16,52	16,52
Mínimo	35,70	135,9	13,58
Máximo	35,70	261,7	26,14

Força (kgf)



Observação: Resistência a Tração superficial - 50% Teca (TC) + 50% Corymbia (CC) - NBR-14810-2 (2013).

APÊNDICE J- ENSAIOS MECÂNICOS DUREZA JANKA

Dureza Janka		
Corymbia (Cc) 100%		
Painel	Corpo de Prova	Força [MPa]
Ch 1	CP10	56,03
	CP17	49,30
Ch 2	CP10	59,37
	CP17	63,71
Ch 3	CP10	70,25
	CP17	40,87
Ch 4	CP10	43,75
	CP17	59,72
Ch 5	CP10	36,32
	CP17	38,09

Corymbia (Cc) 100%		
Máximo		70,25
Média		51,74
Mínima		36,32
Desvio Padrão		11,73

Dureza Janka		
Corymbia (Cc) 50% + Teca (Tc) 50%		
Painel	Corpo de Prova	Força [MPa]
Ch 1	CP10	56,78
	CP17	63,42
Ch 2	CP10	65,08
	CP17	50,22
Ch 3	CP10	43,08
	CP17	49,67
Ch 4	CP10	68,06
	CP17	48,98
Ch 5	CP10	56,96
	CP17	55,98

Corymbia (Cc) 50% + Teca (Tc) 50%		
Máximo		68,06
Média		55,82
Mínima		43,08
Desvio Padrão		7,99

Dureza Janka		
Corymbia (Cc) 25% + Teca (Tc) 75%		
Painel	Corpo de Prova	Força [MPa]
Ch 1	CP10	47,44
	CP17	51,02
Ch 2	CP10	56,86
	CP17	56,17
Ch 3	CP10	58,47
	CP17	59,47
Ch 4	CP10	58,54
	CP17	48,84
Ch 5	CP10	56,43
	CP17	60,33

Corymbia (Cc) 25% + Teca (Tc) 75%		
Máximo		60,33
Média		55,36
Mínima		47,44
Desvio Padrão		4,59

Dureza Janka		
Corymbia (Cc) 75% + Teca (Tc) 25%		
Painel	Corpo de Prova	Força [MPa]
Ch 1	CP10	62,30
	CP17	52,63
Ch 2	CP10	74,84
	CP17	51,61
Ch 3	CP10	57,80
	CP17	66,74
Ch 4	CP10	52,28
	CP17	57,69
Ch 5	CP10	55,16
	CP17	65,50

Corymbia (Cc) 75% + Teca (Tc) 25%		
Máximo		74,84
Média		59,66
Mínima		51,61
Desvio Padrão		7,59

Dureza Janka		
Teca (TC) 100%		
Painel	Corpo de Prova	Força [MPa]
Ch 1	CP10	45,68
	CP17	47,80
Ch 2	CP10	44,32
	CP17	45,73
Ch 3	CP10	54,52
	CP17	44,37
Ch 4	CP10	40,58
	CP17	41,10
Ch 5	CP10	45,12
	CP17	56,59

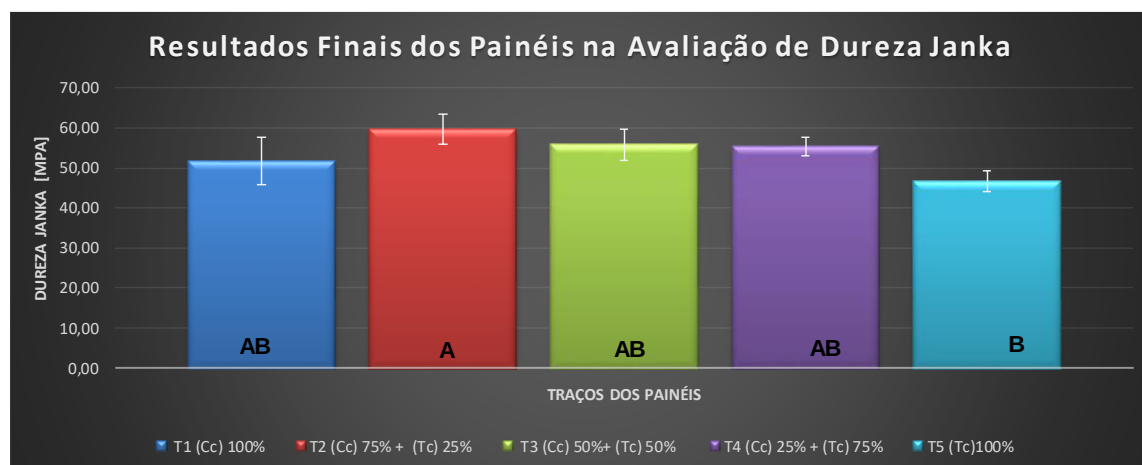
Resultados Teca(TC) 100% [MPa]		
Máximo		56,59
Média		46,58
Mínima		40,58
Desvio Padrão		5,21

Resultados do Ensaio de Dureza Janka em [MPa]					
Resultados	T1 (Cc) 100%	T2 (Cc) 75% + (Tc) 25%	T3 (Cc) 50%+ (Tc) 50%	T4 (Cc) 25% + (Tc) 75%	T5 (Tc)100%
Máximo	70,25	74,84	68,06	60,33	56,59
Média	51,74	59,66	55,82	55,36	46,58
Mínima	36,32	51,61	43,08	47,44	40,58
Desvio Padrão	11,73	7,59	7,99	4,59	5,21

(CC) → Corymbia

(TC) → Teca

Mega Pascal - [MPa]



Anova fator único- Dureza Janka

Anova: fator único

RESUMO

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
T1 (Cc) 100%	10	517,41	51,741	137,583543
T2 (Cc) 75% + (Tc) 25%	10	596,55	59,655	57,5457833
T3 (Cc) 50% + (Tc) 50%	10	558,23	55,823	63,7608456
T4 (Cc) 25% + (Tc) 75%	10	553,57	55,357	21,0556456
T5 (Tc) 100%	10	465,81	46,581	27,1575878

ANOVA

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	971,463152	4	242,865788	3,954137	0,0078088	2,5787392
Dentro dos grupos	2763,93065	45	61,42068111			
Total	3735,393802	49				

Grupos de Tukey – Dureza Janka

Grouping Information Using Tukey Method

	N	Mean	Grouping
T2 (Cc) 75% + (Tc) 25%	10	59,655	A
T3 (Cc) 50% + (Tc) 50%	10	55,823	A B
T4 (Cc) 25% + (Tc) 75%	10	55,357	A B
T1 (Cc) 100%	10	51,741	A B
T5 (Tc) 100%	10	46,581	B

Means that do not share a letter are significantly different.

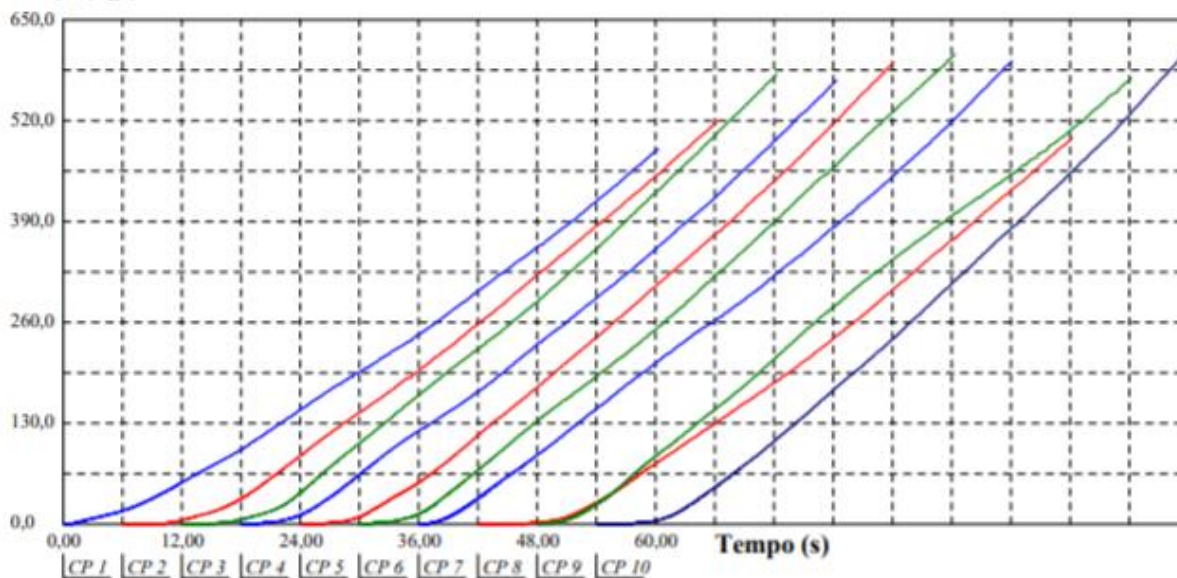
UNESP - Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Engenharia de Bauru - Laboratório de Construção Civil

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL30000N** Célula: **Trd 26** Extensômetro: - Data: **17/12/2018** Hora: **15:19:00** Trabalho n° **3614**
Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Painel Aglomerado dureza Janka**
Ident. Amostra: > Espécie: **Painel Aglomerado** Traço: **75% teca (TC) + 25% Corymbia (CC)** Interessado: **Doutorado**

Corpo de Prova	Valter seção (cm ²)	Fc0,max (kgf)	fc0 (MPa)
CP 1	1,00	483,74	47,44
CP 2	1,00	520,28	51,02
CP 3	1,00	579,84	56,86
CP 4	1,00	572,78	56,17
CP 5	1,00	596,24	58,47
CP 6	1,00	606,48	59,47
CP 7	1,00	597,01	58,54
CP 8	1,00	498,09	48,84
CP 9	1,00	575,46	56,43
CP 10	1,00	615,17	60,33
Número CPs	10	10	10
Média	1,000	564,5	55,36
Desv. Padrão	0,0000	46,79	4,589
Coef. Var. (%)	0,0000	8,289	8,289
Mínimo	1,000	483,7	47,44
Máximo	1,000	615,2	60,33

Força (kgf)



Observação: Dureza Janka Teca norma 14810-2 (2013) painel 75% (TC) + Corymbia 25%

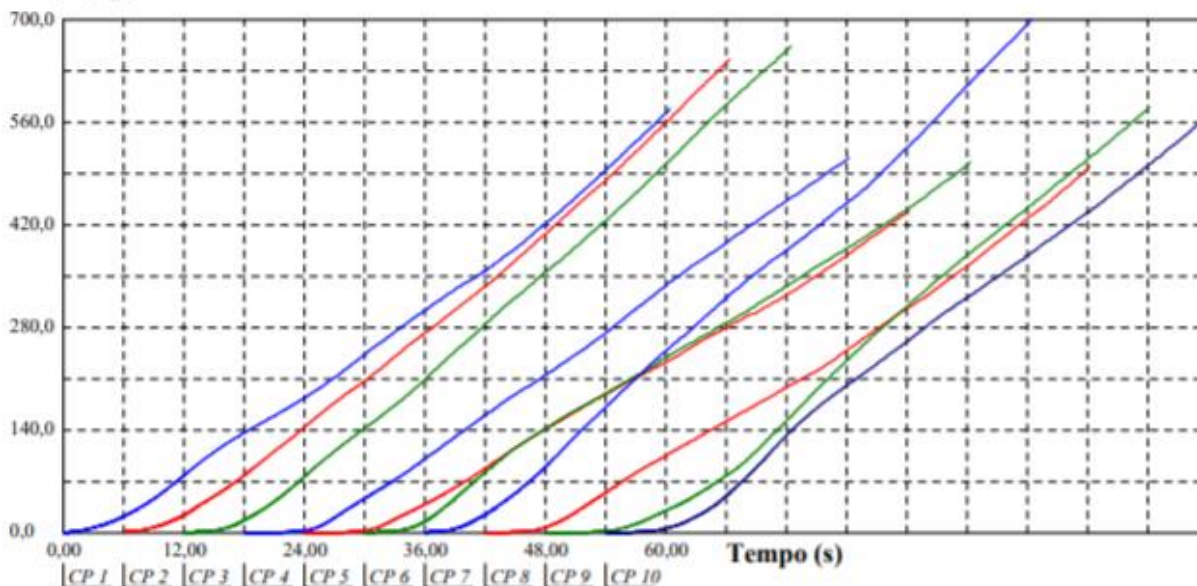
UNESP - Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Engenharia de Bauru - Laboratório de Construção Civil

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL30000N** Célula: **Trd 26** Extensômetro: - Data: **17/12/2018** Hora: **15:20:09** Trabalho n° **3615**
Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Painel Aglomerado dureza Janka**
Ident. Amostra: >>>>> Espécie: **Painel Aglomerado** Traço: **50% Teca + 50% Corymbia** Interessado: **Doutorado valter**

Corpo de Prova	seção (cm ²)	Fc0,max (kgf)	fc0 (MPa)
CP 1	1,00	579,07	56,78
CP 2	1,00	646,69	63,42
CP 3	1,00	663,65	65,08
CP 4	1,00	512,08	50,22
CP 5	1,00	439,30	43,08
CP 6	1,00	506,50	49,67
CP 7	1,00	700,18	68,66
CP 8	1,00	499,50	48,98
CP 9	1,00	580,83	56,96
CP 10	1,00	570,87	55,98
Número CPs	10	10	10
Média	1,000	569,9	55,88
Desv.Padrão	0,0000	82,49	8,089
Coef.Var.(%)	0,0000	14,47	14,47
Mínimo	1,000	439,3	43,08
Máximo	1,000	700,2	68,66

Força (kgf)



Observação: Dureza Janka norma NBR 14-810-2 (2013)- painel 50 % Teca (Tc) + 50 % Corymbia (Cc)

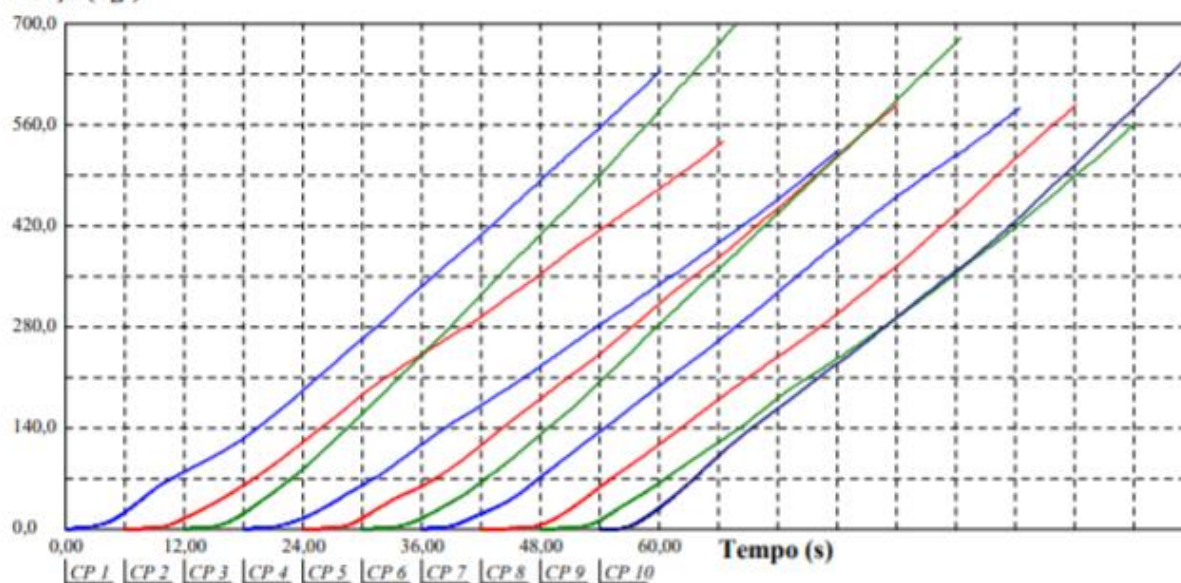
UNESP - Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Engenharia de Bauru - Laboratório de Construção Civil

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL30000N** Célula: **Trd 26** Extensômetro: - Data: **17/12/2018** Hora: **15:21:22** Trabalho n° **3616**
Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Painel Aglomerado dureza Janka 25%**
Ident. Amostra: > Espécie: **Painel Aglomerado Traço: Teca (Tc) + 75% Corymbia(CC)** interessado: **Doutorado Valter**

Corpo de Prova	seção (cm ²)	Fc0,max (kgf)	fc0 (MPa)
CP 1	1,00	635,31	62,30
CP 2	1,00	536,74	52,63
CP 3	1,00	763,14	74,84
CP 4	1,00	526,28	51,61
CP 5	1,00	589,45	57,80
CP 6	1,00	680,61	66,74
CP 7	1,00	584,08	57,28
CP 8	1,00	588,32	57,69
CP 9	1,00	562,53	55,16
CP 10	1,00	667,96	65,50
Número CPs	10	10	10
Média	1,000	613,4	60,16
Desv.Padrão	0,0000	73,42	7,199
Coef.Var.(%)	0,0000	11,97	11,97
Mínimo	1,000	526,3	51,61
Máximo	1,000	763,1	74,84

Força (kgf)



Observação: Dureza Janka norma NBR 14810-2 (2013) painel 25% Teca (Tc)+ 75% Corymbia (Cc)

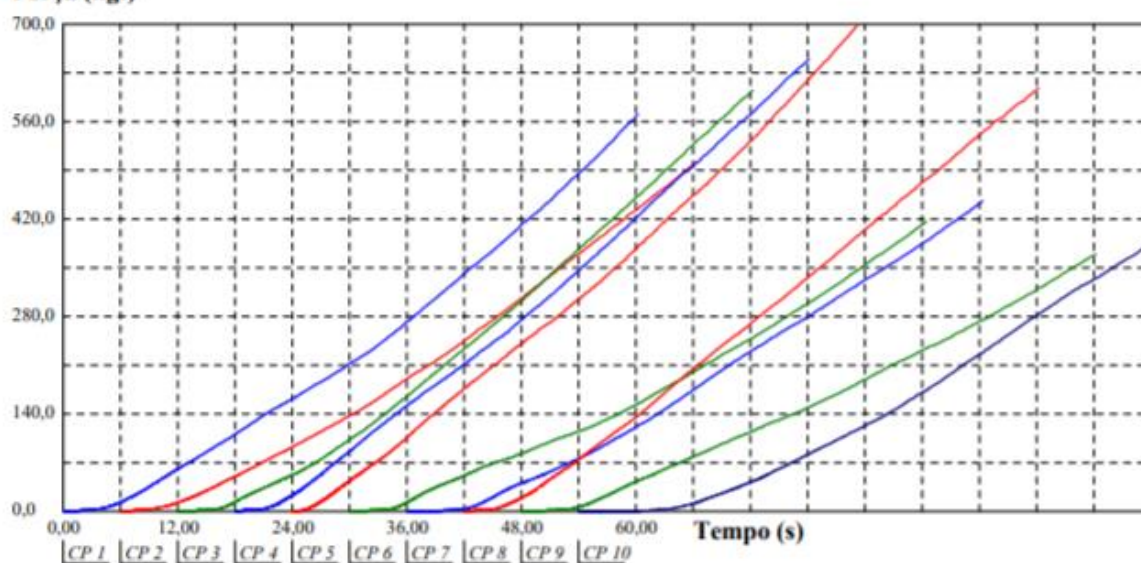
UNESP - Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Engenharia de Bauru - Laboratório de Construção Civil

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL30000N** Célula: **Trd 26** Extensômetro: - Data: **17/12/2018** Hora: **15:22:21** Trabalho n° **3617**
Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Painel Aglomerado dureza Janka**
Ident. Amostra: >>>>>>>>>> Espécie: **Painel Aglomerado** Traço: **100% Corymbia (CC)** Interessado: **Doutorado Valter**

Corpo de Prova	seção (cm ²)	Fc0,max (kgf)	fc0 (MPa)
CP 1	1,00	571,36	56,03
CP 2	1,00	502,75	49,30
CP 3	1,00	605,42	59,37
CP 4	1,00	649,73	63,71
CP 5	1,00	716,36	70,25
CP 6	1,00	416,76	40,87
CP 7	1,00	446,15	43,75
CP 8	1,00	609,03	59,72
CP 9	1,00	370,40	36,32
CP 10	1,00	388,42	38,09
Número CPs	10	10	10
Média	1,000	527,6	51,74
Desv. Padrão	0,0000	119,6	11,73
Coef. Var. (%)	0,0000	22,67	22,67
Mínimo	1,000	370,4	36,32
Máximo	1,000	716,4	70,25

Força (kgf)



Observação: Dureza Janka Norma NBR 14810-2 (2013) painel 100% Corymbia (Cc)

APÊNDICE L - DENSITOMETRIA DE RAIOS X

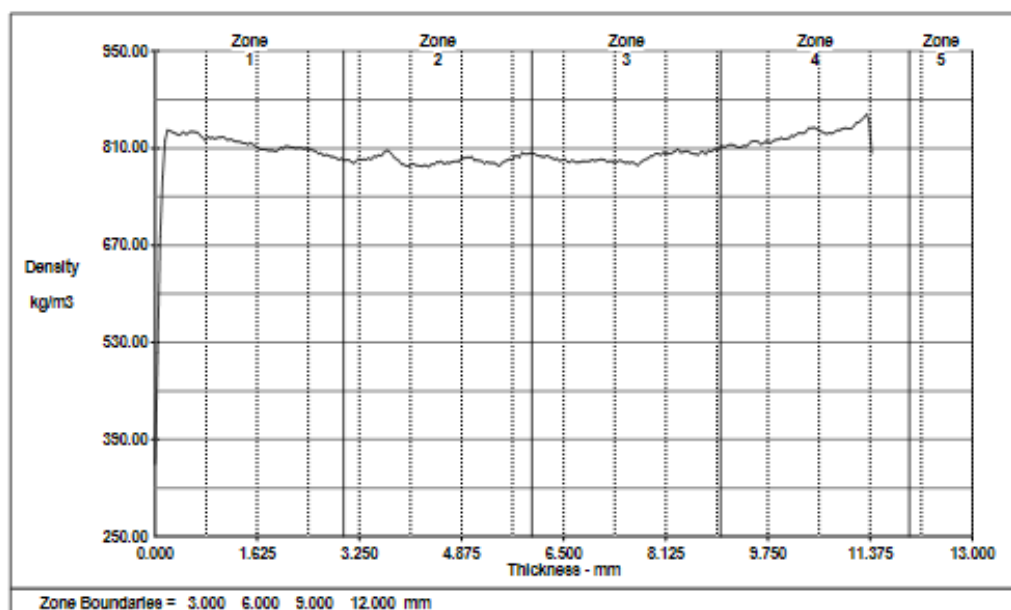
Painel aglomerado Corymbia 100%- doutorado Valter

QMS Density Profile System - v2.02 USB

Batch Summary Report - Scan Profile

Batch File: valter
Operator: valter

Date: May 08, 2020
Time: 11:51:43
Page: 1 of 3



Batch Average Density Analysis (kg/m³)

Batch Average Density: 802.60

Zone Analysis	Zone 1/Pos.	Zone 2/Pos.	Zone 3/Pos.	Zone 4/Pos.	Zone 5/Pos.
Maximum Point Density:	847.91	820.20	820.35	884.75	0.00
Minimum Point Density:	354.69	770.68	774.08	0.00	0.00
Average Zone Density:	803.71	792.75	797.09	700.45	0.00

Ratio Analysis

Zone Avg. / Overall Avg.:	1.00	0.99	0.99	0.87	0.00
Zone 1 Avg. / Zone 5 Avg.:		0.00			
(Zone 1 + Zone 5) / Overall Avg.:		1.00			

Batch Analysis Parameters

Number of Samples in Batch:	10	Linear Resolution Step Size:	2
Target Panel Thickness:	0.000 mm	Time To Thickness:	0 Sec.
Measured Panel Thickness:	0.000 mm	Time to Decompression:	0 Sec.
Target Weight:	0.000 kg	Surface Moisture Content:	0.000 %
Measured Weight:	0.000 kg	Core Moisture Content:	0.000 %
Furnish Thickness:	0.000 mm	Average Sample Beam Length:	50.151 mm
Press Temperature:	0 °C	Average Sample Height:	50.131 mm
Mill Number:	Corimba 100 %	Average Sample Thickness:	12.732 mm
Press Load Number:		Average Sample Weight:	22.30 g
Species Mix:			
Comments:			

*See Sample Summary Report for Process Information Relative to this batch.
NOTE: THIS REPORT ASSUMES ALL SAMPLES IN THE BATCH ARE OF SIMILAR NOMINAL THICKNESS.

Painel aglomerado Corymbia 100%- doutorado Valter

QMS Density Profile System - v2.02 USB

Batch Summary Report - Scan Profile

Batch File: valter
Operator: valter

Date: May 08, 2020
Time: 11:51:43
Page: 2 of 3

Density Analysis (kg/m3)

Step Num	Position	Density	Step Num	Position	Density	Step Num	Position	Density
1	0.000	354.69	61	2.400	810.14	121	4.800	791.63
2	0.040	515.30	62	2.440	807.40	122	4.840	791.16
3	0.080	681.96	63	2.480	809.46	123	4.880	796.74
4	0.120	768.41	64	2.520	806.89	124	4.920	795.44
5	0.160	821.62	65	2.560	805.74	125	4.960	797.14
6	0.200	836.39	66	2.600	801.93	126	5.000	798.67
7	0.240	835.21	67	2.640	803.80	127	5.040	798.05
8	0.280	833.16	68	2.680	799.55	128	5.080	792.67
9	0.320	831.62	69	2.720	800.82	129	5.120	793.45
10	0.360	830.23	70	2.760	799.75	130	5.160	792.31
11	0.400	828.87	71	2.800	797.99	131	5.200	791.36
12	0.440	833.72	72	2.840	797.70	132	5.240	788.10
13	0.480	830.82	73	2.880	796.50	133	5.280	790.95
14	0.520	831.05	74	2.920	793.34	134	5.320	789.10
15	0.560	834.32	75	2.960	795.38	135	5.360	788.95
16	0.600	834.33	76	3.000	792.48	136	5.400	788.84
17	0.640	832.98	77	3.040	792.81	137	5.440	786.65
18	0.680	832.91	78	3.080	793.63	138	5.480	784.54
19	0.720	828.38	79	3.120	790.58	139	5.520	789.01
20	0.760	825.67	80	3.160	788.70	140	5.560	791.62
21	0.800	821.82	81	3.200	791.38	141	5.600	792.48
22	0.840	826.22	82	3.240	795.02	142	5.640	794.73
23	0.880	824.90	83	3.280	793.22	143	5.680	792.92
24	0.920	825.72	84	3.320	794.50	144	5.720	798.92
25	0.960	823.46	85	3.360	793.71	145	5.760	799.14
26	1.000	825.83	86	3.400	796.30	146	5.800	796.66
27	1.040	825.63	87	3.440	793.76	147	5.840	803.94
28	1.080	826.66	88	3.480	796.82	148	5.880	801.89
29	1.120	824.60	89	3.520	797.97	149	5.920	801.52
30	1.160	821.67	90	3.560	800.35	150	5.960	803.18
31	1.200	823.91	91	3.600	799.06	151	6.000	802.14
32	1.240	821.76	92	3.640	804.21	152	6.040	802.43
33	1.280	819.74	93	3.680	806.81	153	6.080	799.94
34	1.320	819.78	94	3.720	806.35	154	6.120	799.16
35	1.360	819.01	95	3.760	802.48	155	6.160	798.06
36	1.400	817.29	96	3.800	797.79	156	6.200	797.60
37	1.440	817.42	97	3.840	794.87	157	6.240	799.67
38	1.480	815.71	98	3.880	792.37	158	6.280	797.69
39	1.520	817.90	99	3.920	787.21	159	6.320	795.54
40	1.560	815.63	100	3.960	788.71	160	6.360	794.45
41	1.600	813.13	101	4.000	784.33	161	6.400	794.97
42	1.640	810.64	102	4.040	784.84	162	6.440	791.90
43	1.680	808.80	103	4.080	787.27	163	6.480	792.96
44	1.720	808.77	104	4.120	787.16	164	6.520	794.91
45	1.760	808.06	105	4.160	785.52	165	6.560	790.44
46	1.800	807.40	106	4.200	785.20	166	6.600	790.20
47	1.840	807.45	107	4.240	783.83	167	6.640	793.19
48	1.880	807.45	108	4.280	785.65	168	6.680	790.14
49	1.920	805.26	109	4.320	785.66	169	6.720	790.20
50	1.960	808.06	110	4.360	783.35	170	6.760	790.07
51	2.000	811.28	111	4.400	787.49	171	6.800	791.57
52	2.040	809.68	112	4.440	786.57	172	6.840	791.35
53	2.080	813.07	113	4.480	790.38	173	6.880	791.09
54	2.120	812.67	114	4.520	789.68	174	6.920	791.75
55	2.160	811.82	115	4.560	791.63	175	6.960	793.81
56	2.200	811.25	116	4.600	787.35	176	7.000	792.04
57	2.240	810.07	117	4.640	789.77	177	7.040	792.78
58	2.280	810.69	118	4.680	788.61	178	7.080	794.19
59	2.320	810.87	119	4.720	790.08	179	7.120	794.18
60	2.360	809.31	120	4.760	791.09	180	7.160	793.12

Painel aglomerado Corymbia 100%- doutorado Valter

QMS Density Profile System - v2.02 USB

Batch Summary Report - Scan Profile

Batch File: valter
Operator: valter

Date: May 08, 2020
Time: 11:51:43
Page: 3 of 3

Density Analysis (kg/m3)

Step Num	Position	Density	Step Num	Position	Density	Step Num	Position	Density
181	7.200	789.97	241	9.600	819.30			
182	7.240	791.88	242	9.640	818.08			
183	7.280	791.08	243	9.680	817.64			
184	7.320	788.80	244	9.720	819.97			
185	7.360	791.03	245	9.760	818.70			
186	7.400	792.96	246	9.800	818.20			
187	7.440	790.43	247	9.840	821.39			
188	7.480	789.47	248	9.880	822.54			
189	7.520	789.63	249	9.920	822.78			
190	7.560	789.10	250	9.960	825.37			
191	7.600	790.37	251	10.000	823.15			
192	7.640	787.68	252	10.040	823.84			
193	7.680	785.37	253	10.080	823.88			
194	7.720	789.40	254	10.120	828.01			
195	7.760	791.91	255	10.160	827.26			
196	7.800	794.22	256	10.200	829.61			
197	7.840	795.42	257	10.240	832.39			
198	7.880	798.77	258	10.280	831.61			
199	7.920	798.95	259	10.320	831.78			
200	7.960	802.15	260	10.360	834.25			
201	8.000	802.95	261	10.400	839.45			
202	8.040	800.24	262	10.440	838.98			
203	8.080	803.99	263	10.480	840.39			
204	8.120	802.30	264	10.520	837.68			
205	8.160	803.34	265	10.560	836.74			
206	8.200	801.94	266	10.600	834.40			
207	8.240	804.58	267	10.640	832.87			
208	8.280	806.13	268	10.680	830.52			
209	8.320	808.95	269	10.720	832.43			
210	8.360	803.94	270	10.760	831.19			
211	8.400	804.68	271	10.800	832.57			
212	8.440	805.72	272	10.840	835.97			
213	8.480	805.73	273	10.880	835.90			
214	8.520	803.61	274	10.920	837.58			
215	8.560	802.38	275	10.960	838.77			
216	8.600	801.79	276	11.000	839.35			
217	8.640	800.61	277	11.040	838.15			
218	8.680	804.42	278	11.080	838.72			
219	8.720	805.35	279	11.120	842.59			
220	8.760	801.19	280	11.160	846.70			
221	8.800	807.07	281	11.200	847.58			
222	8.840	805.24	282	11.240	851.10			
223	8.880	807.41	283	11.280	854.89			
224	8.920	809.88	284	11.320	859.16			
225	8.960	808.22	285	11.360	849.49			
226	9.000	813.29	286	11.400	802.98			
227	9.040	812.53						
228	9.080	812.51						
229	9.120	814.99						
230	9.160	815.20						
231	9.200	814.82						
232	9.240	813.15						
233	9.280	811.75						
234	9.320	811.75						
235	9.360	813.74						
236	9.400	813.18						
237	9.440	815.51						
238	9.480	819.30						
239	9.520	820.62						
240	9.560	820.48						

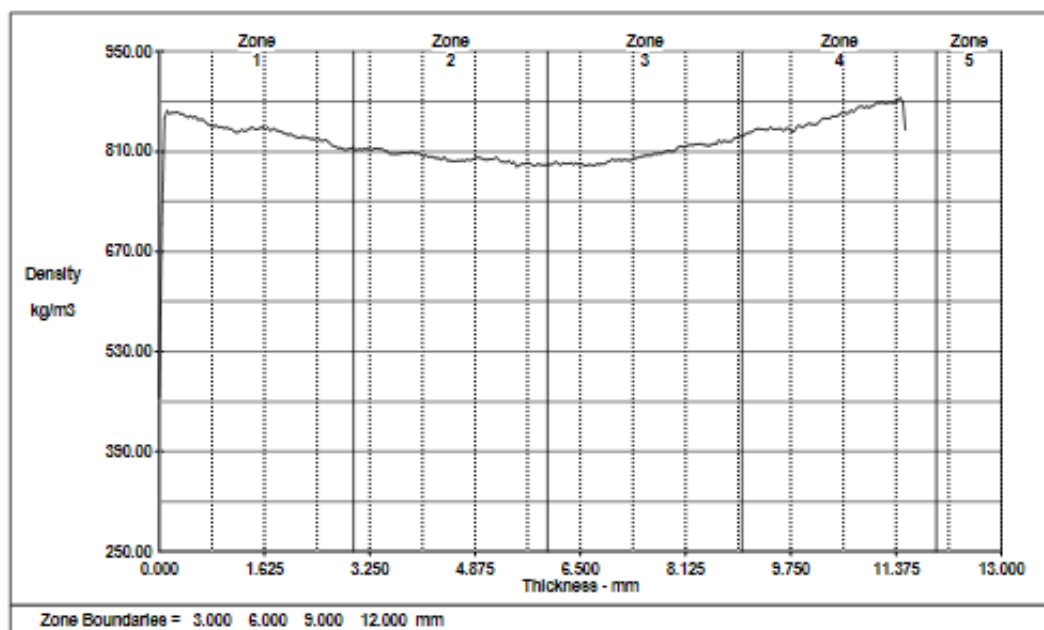
Painel aglomerado 75 % Corymbia 25% teca- doutorado Valter

QMS Density Profile System - v2.02 USB

Batch Summary Report - Scan Profile

Batch File: valter
Operator: valter

Date: May 08, 2020
Time: 12:32:11
Page: 1 of 3



Batch Average Density Analysis (kg/m³)

Batch Average Density: 822.63

Zone Analysis	Zone 1/Pos.	Zone 2/Pos.	Zone 3/Pos.	Zone 4/Pos.	Zone 5/Pos.
Maximum Point Density:	884.59	829.99	838.36	896.89	0.00
Minimum Point Density:	465.70	776.67	777.67	0.00	0.00
Average Zone Density:	833.29	802.19	806.15	773.20	0.00

Ratio Analysis

Zone Avg. / Overall Avg.:	1.01	0.98	0.98	0.94	0.00
Zone 1 Avg. / Zone 5 Avg.:		0.00			
(Zone 1 + Zone 5) / Overall Avg.:		1.01			

Batch Analysis Parameters

Number of Samples in Batch:	10	Linear Resolution Step Size:	2
Target Panel Thickness:	0.000 mm	Time To Thickness:	0 Sec.
Measured Panel Thickness:	0.000 mm	Time to Decompression:	0 Sec.
Target Weight:	0.000 kg	Surface Moisture Content:	0.000 %
Measured Weight:	0.000 kg	Core Moisture Content:	0.000 %
Furnish Thickness:	0.000 mm	Average Sample Beam Length:	50.138 mm
Press Temperature:	0 °C	Average Sample Height:	50.143 mm
Mill Number:	Corimbya 100 %	Average Sample Thickness:	11.712 mm
Press Load Number:		Average Sample Weight:	23.56 g
Species Mix:			
Comments:			

*See Sample Summary Report for Process Information Relative to this batch.

NOTE: THIS REPORT ASSUMES ALL SAMPLES IN THE BATCH ARE OF SIMILAR NOMINAL THICKNESS.

Painel aglomerado 75 % Corymbia 25% teca- doutorado Valter

QMS Density Profile System - v2.02 USB

Batch Summary Report - Scan Profile

Batch File: valter
Operator: valter

Date: May 08, 2020
Time: 12:32:11
Page: 2 of 3

Density Analysis (kg/m3)

Step Num	Position	Density	Step Num	Position	Density	Step Num	Position	Density
1	0.000	465.70	61	2.400	827.17	121	4.800	798.13
2	0.040	708.45	62	2.440	829.61	122	4.840	799.42
3	0.080	857.35	63	2.480	827.58	123	4.880	801.30
4	0.120	867.32	64	2.520	824.54	124	4.920	802.34
5	0.160	863.18	65	2.560	826.90	125	4.960	801.35
6	0.200	864.54	66	2.600	824.52	126	5.000	799.68
7	0.240	864.31	67	2.640	821.78	127	5.040	798.57
8	0.280	865.84	68	2.680	818.16	128	5.080	799.22
9	0.320	862.87	69	2.720	817.09	129	5.120	799.92
10	0.360	862.97	70	2.760	815.35	130	5.160	799.63
11	0.400	860.88	71	2.800	815.40	131	5.200	802.28
12	0.440	857.76	72	2.840	813.73	132	5.240	798.88
13	0.480	860.17	73	2.880	812.47	133	5.280	795.69
14	0.520	857.62	74	2.920	813.89	134	5.320	795.78
15	0.560	859.72	75	2.960	814.32	135	5.360	795.17
16	0.600	854.60	76	3.000	816.40	136	5.400	797.65
17	0.640	855.14	77	3.040	811.63	137	5.440	793.45
18	0.680	854.55	78	3.080	814.29	138	5.480	795.58
19	0.720	851.04	79	3.120	812.59	139	5.520	789.04
20	0.760	848.10	80	3.160	813.65	140	5.560	791.25
21	0.800	848.26	81	3.200	813.38	141	5.600	793.31
22	0.840	845.83	82	3.240	814.05	142	5.640	792.73
23	0.880	846.27	83	3.280	812.28	143	5.680	794.81
24	0.920	844.09	84	3.320	814.43	144	5.720	794.04
25	0.960	845.08	85	3.360	814.98	145	5.760	791.28
26	1.000	842.89	86	3.400	813.89	146	5.800	789.98
27	1.040	843.88	87	3.440	814.13	147	5.840	792.75
28	1.080	841.69	88	3.480	811.12	148	5.880	792.32
29	1.120	841.91	89	3.520	810.26	149	5.920	791.27
30	1.160	838.12	90	3.560	807.29	150	5.960	791.32
31	1.200	838.74	91	3.600	807.23	151	6.000	792.11
32	1.240	838.25	92	3.640	807.08	152	6.040	791.94
33	1.280	840.89	93	3.680	807.43	153	6.080	792.47
34	1.320	838.23	94	3.720	807.68	154	6.120	796.21
35	1.360	840.42	95	3.760	808.12	155	6.160	792.80
36	1.400	842.87	96	3.800	808.64	156	6.200	791.52
37	1.440	844.38	97	3.840	807.55	157	6.240	794.52
38	1.480	841.22	98	3.880	809.40	158	6.280	792.83
39	1.520	841.34	99	3.920	809.28	159	6.320	793.55
40	1.560	843.38	100	3.960	807.44	160	6.360	794.50
41	1.600	845.09	101	4.000	808.38	161	6.400	792.01
42	1.640	841.18	102	4.040	805.62	162	6.440	794.29
43	1.680	844.04	103	4.080	803.23	163	6.480	792.08
44	1.720	839.42	104	4.120	805.15	164	6.520	792.98
45	1.760	842.87	105	4.160	802.22	165	6.560	791.08
46	1.800	839.84	106	4.200	803.78	166	6.600	790.58
47	1.840	839.14	107	4.240	801.59	167	6.640	792.34
48	1.880	838.07	108	4.280	801.33	168	6.680	791.24
49	1.920	838.33	109	4.320	800.89	169	6.720	790.85
50	1.960	834.76	110	4.360	798.65	170	6.760	793.08
51	2.000	833.91	111	4.400	802.85	171	6.800	792.30
52	2.040	834.48	112	4.440	797.90	172	6.840	793.08
53	2.080	831.89	113	4.480	797.50	173	6.880	792.68
54	2.120	830.52	114	4.520	797.12	174	6.920	795.91
55	2.160	829.36	115	4.560	796.26	175	6.960	796.90
56	2.200	830.58	116	4.600	797.60	176	7.000	800.19
57	2.240	830.50	117	4.640	797.28	177	7.040	796.85
58	2.280	829.96	118	4.680	798.02	178	7.080	799.03
59	2.320	828.24	119	4.720	797.42	179	7.120	798.15
60	2.360	827.99	120	4.760	799.19	180	7.160	798.19

Batch Summary Report - Scan Profile

Date: May 08, 2020
Time: 12:32:11
Page: 3 of 3

Step	Num	Position	Density
1	1	1	1
2	2	2	2
3	3	3	3
4	4	4	4
5	5	5	5
6	6	6	6
7	7	7	7
8	8	8	8
9	9	9	9
10	10	10	10
11	11	11	11
12	12	12	12
13	13	13	13
14	14	14	14
15	15	15	15
16	16	16	16
17	17	17	17
18	18	18	18
19	19	19	19
20	20	20	20
21	21	21	21
22	22	22	22
23	23	23	23
24	24	24	24
25	25	25	25
26	26	26	26
27	27	27	27
28	28	28	28
29	29	29	29
30	30	30	30
31	31	31	31
32	32	32	32
33	33	33	33
34	34	34	34
35	35	35	35
36	36	36	36
37	37	37	37
38	38	38	38
39	39	39	39
40	40	40	40
41	41	41	41
42	42	42	42
43	43	43	43
44	44	44	44
45	45	45	45
46	46	46	46
47	47	47	47
48	48	48	48
49	49	49	49
50	50	50	50
51	51	51	51
52	52	52	52
53	53	53	53
54	54	54	54
55	55	55	55
56	56	56	56
57	57	57	57
58	58	58	58
59	59	59	59
60	60	60	60
61	61	61	61
62	62	62	62
63	63	63	63
64	64	64	64
65	65	65	65
66	66	66	66
67	67	67	67
68	68	68	68
69	69	69	69
70	70	70	70
71	71	71	71
72	72	72	72
73	73	73	73
74	74	74	74
75	75	75	75
76	76	76	76
77	77	77	77
78	78	78	78
79	79	79	79
80	80	80	80
81	81	81	81
82	82	82	82
83	83	83	83
84	84	84	84
85	85	85	85
86	86	86	86
87	87	87	87
88	88	88	88
89	89	89	89
90	90	90	90
91	91	91	91
92	92	92	92
93	93	93	93
94	94	94	94
95	95	95	95
96	96	96	96
97	97	97	97
98	98	98	98
99	99	99	99
100	100	100	100

181	7.200	799.20
182	7.240	797.67
183	7.280	798.05
184	7.320	800.96
185	7.360	800.60
186	7.400	801.95
187	7.440	803.42
188	7.480	804.22
189	7.520	804.77
190	7.560	804.83
191	7.600	804.46
192	7.640	807.72
193	7.680	806.79
194	7.720	807.99
195	7.760	807.35
196	7.800	809.71
197	7.840	811.17
198	7.880	811.07
199	7.920	810.22
200	7.960	811.00
201	8.000	815.58
202	8.040	817.55
203	8.080	816.87
204	8.120	816.25
205	8.160	818.82
206	8.200	819.47
207	8.240	819.11
208	8.280	820.68
209	8.320	820.15
210	8.360	821.28
211	8.400	819.48
212	8.440	819.09
213	8.480	818.44
214	8.520	819.17
215	8.560	821.62
216	8.600	820.27
217	8.640	826.18
218	8.680	822.26
219	8.720	825.68
220	8.760	824.29
221	8.800	824.33
222	8.840	825.03
223	8.880	828.99
224	8.920	829.78
225	8.960	831.24
226	9.000	832.01
227	9.040	833.76
228	9.080	836.41
229	9.120	836.72
230	9.160	838.11
231	9.200	840.88
232	9.240	842.29
233	9.280	841.88
234	9.320	841.37
235	9.360	840.69
236	9.400	840.83
237	9.440	844.48
238	9.480	841.40
239	9.520	841.34
240	9.560	842.19

Step	Num	Position	Density
1	1	1	1
2	2	2	2
3	3	3	3
4	4	4	4
5	5	5	5
6	6	6	6
7	7	7	7
8	8	8	8
9	9	9	9
10	10	10	10
11	11	11	11
12	12	12	12
13	13	13	13
14	14	14	14
15	15	15	15
16	16	16	16
17	17	17	17
18	18	18	18
19	19	19	19
20	20	20	20
21	21	21	21
22	22	22	22
23	23	23	23
24	24	24	24
25	25	25	25
26	26	26	26
27	27	27	27
28	28	28	28
29	29	29	29
30	30	30	30
31	31	31	31
32	32	32	32
33	33	33	33
34	34	34	34
35	35	35	35
36	36	36	36
37	37	37	37
38	38	38	38
39	39	39	39
40	40	40	40
41	41	41	41
42	42	42	42
43	43	43	43
44	44	44	44
45	45	45	45
46	46	46	46
47	47	47	47
48	48	48	48
49	49	49	49
50	50	50	50
51	51	51	51
52	52	52	52
53	53	53	53
54	54	54	54
55	55	55	55
56	56	56	56
57	57	57	57
58	58	58	58
59	59	59	59
60	60	60	60
61	61	61	61
62	62	62	62
63	63	63	63
64	64	64	64
65	65	65	65
66	66	66	66
67	67	67	67
68	68	68	68
69	69	69	69
70	70	70	70
71	71	71	71
72	72	72	72
73	73	73	73
74	74	74	74
75	75	75	75
76	76	76	76
77	77	77	77
78	78	78	78
79	79	79	79
80	80	80	80
81	81	81	81
82	82	82	82
83	83	83	83
84	84	84	84
85	85	85	85
86	86	86	86
87	87	87	87
88	88	88	88
89	89	89	89
90	90	90	90
91	91	91	91
92	92	92	92
93	93	93	93
94	94	94	94
95	95	95	95
96	96	96	96
97	97	97	97
98	98	98	98
99	99	99	99
100	100	100	100

241	9.600	842.30
242	9.640	839.24
243	9.680	842.33
244	9.720	842.80
245	9.760	838.71
246	9.800	838.26
247	9.840	843.98
248	9.880	847.66
249	9.920	843.82
250	9.960	845.77
251	10.000	848.29
252	10.040	849.84
253	10.080	847.95
254	10.120	848.02
255	10.160	848.78
256	10.200	852.61
257	10.240	856.58
258	10.280	857.09
259	10.320	856.25
260	10.360	857.10
261	10.400	859.94
262	10.440	859.16
263	10.480	860.74
264	10.520	863.46
265	10.560	866.13
266	10.600	863.77
267	10.640	863.81
268	10.680	867.92
269	10.720	865.97
270	10.760	869.63
271	10.800	872.54
272	10.840	873.86
273	10.880	871.67
274	10.920	873.23
275	10.960	871.89
276	11.000	873.18
277	11.040	875.62
278	11.080	879.09
279	11.120	878.55
280	11.160	879.29
281	11.200	878.36
282	11.240	878.02
283	11.280	879.49
284	11.320	878.33
285	11.360	879.28
286	11.400	882.33
287	11.440	885.53
288	11.480	879.82
289	11.520	840.25

Step	Num	Position	Density
1	1	1	1
2	2	2	2
3	3	3	3
4	4	4	4
5	5	5	5
6	6	6	6
7	7	7	7
8	8	8	8
9	9	9	9
10	10	10	10
11	11	11	11
12	12	12	12
13	13	13	13
14	14	14	14
15	15	15	15
16	16	16	16
17	17	17	17
18	18	18	18
19	19	19	19
20	20	20	20
21	21	21	21
22	22	22	22
23	23	23	23
24	24	24	24
25	25	25	25
26	26	26	26
27	27	27	27
28	28	28	28
29	29	29	29
30	30	30	30
31	31	31	31
32	32	32	32
33	33	33	33
34	34	34	34
35	35	35	35
36	36	36	36
37	37	37	37
38	38	38	38
39	39	39	39
40	40	40	40
41	41	41	41
42	42	42	42
43	43	43	43
44	44	44	44
45	45	45	45
46	46	46	46
47	47	47	47
48	48	48	48
49	49	49	49
50	50	50	50
51	51	51	51
52	52	52	52
53	53	53	53
54	54	54	54
55	55	55	55
56	56	56	56
57	57	57	57
58	58	58	58
59	59	59	59
60	60	60	60
61	61	61	61
62	62	62	62
63	63	63	63
64	64	64	64
65	65	65	65
66	66	66	66
67	67	67	67
68	68	68	68
69	69	69	69
70	70	70	70
71	71	71	71
72	72	72	72
73	73	73	73
74	74	74	74
75	75	75	75
76	76	76	76
77	77	77	77
78	78	78	78
79	79	79	79
80	80	80	80
81	81	81	81
82	82	82	82
83	83	83	83
84	84	84	84
85	85	85	85
86	86	86	86
87	87	87	87
88	88	88	88
89	89	89	89
90	90	90	90
91	91	91	91
92	92	92	92
93	93	93	93
94	94	94	94
95	95	95	95
96	96	96	96
97	97	97	97
98	98	98	98
99	99	99	99
100	100	100	100

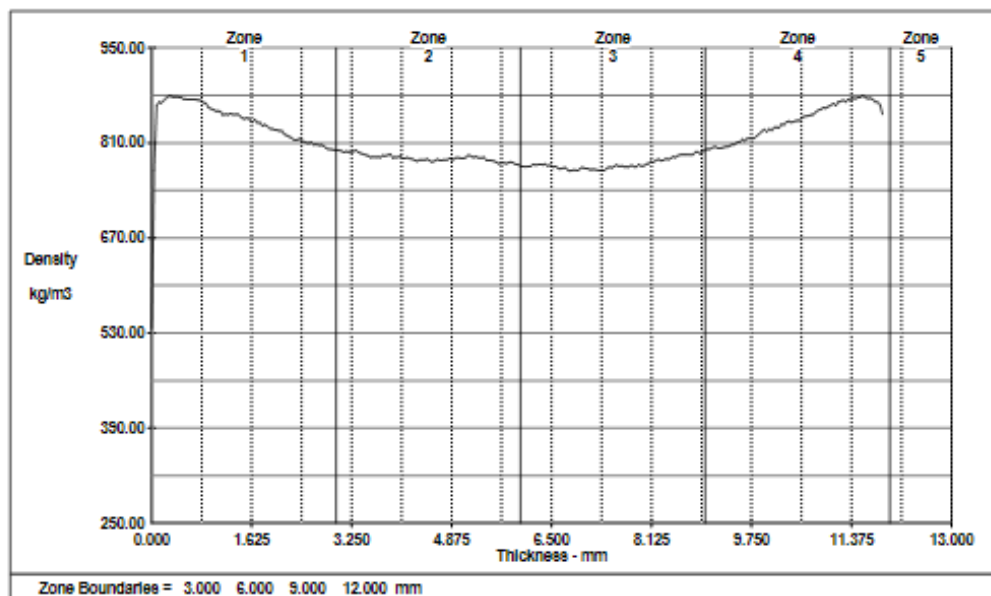
Painel aglomerado 50 % Corymbia 50 % teca- doutorado Valter

QMS Density Profile System - v2.02 USB

Batch Summary Report - Scan Profile

Batch File: valter
Operator: valter

Date: May 08, 2020
Time: 12:57:12
Page: 1 of 3



Batch Average Density Analysis (kg/m³)

Batch Average Density: 811.29

Zone Analysis	Zone 1/Pos.	Zone 2/Pos.	Zone 3/Pos.	Zone 4/Pos.	Zone 5/Pos.
Maximum Point Density:	888.20	814.80	810.92	890.33	830.61
Minimum Point Density:	538.51	782.09	750.07	592.39	308.17
Average Zone Density:	838.49	788.32	779.08	837.14	319.39

Ratio Analysis

Zone Avg. / Overall Avg.:	1.03	0.97	0.96	1.03	0.39
Zone 1 Avg. / Zone 5 Avg.:	2.63				
(Zone 1 + Zone 5) / Overall Avg.:	1.43				

Batch Analysis Parameters

Number of Samples in Batch:	10	Linear Resolution Step Size:	2
Target Panel Thickness:	0.000 mm	Time To Thickness:	0 Sec.
Measured Panel Thickness:	0.000 mm	Time to Decompression:	0 Sec.
Target Weight:	0.000 kg	Surface Moisture Content:	0.000 %
Measured Weight:	0.000 kg	Core Moisture Content:	0.000 %
Furnish Thickness:	0.000 mm	Average Sample Beam Length:	50.097 mm
Press Temperature:	0 °C	Average Sample Height:	49.977 mm
Mill Number:	Corymbia 100 %	Average Sample Thickness:	12.043 mm
Press Load Number:		Average Sample Weight:	23.68 g
Species Mix:			
Comments:			

*See Sample Summary Report for Process Information Relative to this batch.
NOTE: THIS REPORT ASSUMES ALL SAMPLES IN THE BATCH ARE OF SIMILAR NOMINAL THICKNESS.

Painel aglomerado 50 % Corymbia 50 % teca- doutorado Valter

QMS Density Profile System - v2.02 USB

Batch Summary Report - Scan Profile

Batch File: valter
Operator: valter

Date: May 08, 2020
Time: 12:57:12
Page: 2 of 3

Density Analysis (kg/m3)

Step	Numt	Position	Density	Step	Numt	Position	Density	Step	Numt	Position	Density
1	0.000	536.51		61	2.400	816.18		121	4.800	785.10	
2	0.040	770.27		62	2.440	813.11		122	4.840	787.82	
3	0.080	865.79		63	2.480	812.32		123	4.880	785.64	
4	0.120	870.34		64	2.520	810.03		124	4.920	786.42	
5	0.160	868.93		65	2.560	810.05		125	4.960	789.16	
6	0.200	872.75		66	2.600	810.81		126	5.000	788.25	
7	0.240	876.34		67	2.640	807.13		127	5.040	787.34	
8	0.280	879.30		68	2.680	808.24		128	5.080	787.81	
9	0.320	878.94		69	2.720	806.99		129	5.120	789.51	
10	0.360	877.71		70	2.760	807.28		130	5.160	792.63	
11	0.400	877.84		71	2.800	805.98		131	5.200	789.68	
12	0.440	877.61		72	2.840	802.58		132	5.240	789.47	
13	0.480	877.07		73	2.880	801.01		133	5.280	790.05	
14	0.520	874.88		74	2.920	800.88		134	5.320	788.10	
15	0.560	874.72		75	2.960	800.03		135	5.360	787.84	
16	0.600	874.19		76	3.000	799.36		136	5.400	789.39	
17	0.640	874.84		77	3.040	799.47		137	5.440	784.91	
18	0.680	874.06		78	3.080	798.87		138	5.480	784.79	
19	0.720	874.00		79	3.120	796.05		139	5.520	784.53	
20	0.760	873.25		80	3.160	797.87		140	5.560	783.62	
21	0.800	872.93		81	3.200	796.97		141	5.600	782.01	
22	0.840	869.87		82	3.240	796.74		142	5.640	779.74	
23	0.880	868.58		83	3.280	796.02		143	5.680	780.61	
24	0.920	863.10		84	3.320	799.79		144	5.720	781.14	
25	0.960	860.68		85	3.360	796.42		145	5.760	780.09	
26	1.000	859.39		86	3.400	795.25		146	5.800	781.19	
27	1.040	857.33		87	3.440	794.01		147	5.840	782.19	
28	1.080	857.68		88	3.480	792.25		148	5.880	781.15	
29	1.120	856.63		89	3.520	791.48		149	5.920	778.15	
30	1.160	851.16		90	3.560	789.01		150	5.960	778.55	
31	1.200	852.82		91	3.600	789.60		151	6.000	775.45	
32	1.240	851.41		92	3.640	789.23		152	6.040	775.83	
33	1.280	853.61		93	3.680	789.88		153	6.080	775.09	
34	1.320	852.21		94	3.720	788.85		154	6.120	775.57	
35	1.360	852.00		95	3.760	791.98		155	6.160	776.08	
36	1.400	852.48		96	3.800	791.27		156	6.200	778.74	
37	1.440	849.31		97	3.840	792.26		157	6.240	777.89	
38	1.480	846.35		98	3.880	794.01		158	6.280	778.05	
39	1.520	845.75		99	3.920	788.38		159	6.320	779.00	
40	1.560	847.85		100	3.960	789.47		160	6.360	778.00	
41	1.600	843.42		101	4.000	789.11		161	6.400	779.28	
42	1.640	840.68		102	4.040	791.49		162	6.440	776.35	
43	1.680	844.86		103	4.080	787.65		163	6.480	777.38	
44	1.720	840.01		104	4.120	787.15		164	6.520	774.65	
45	1.760	840.29		105	4.160	789.11		165	6.560	776.21	
46	1.800	835.36		106	4.200	787.01		166	6.600	773.40	
47	1.840	837.03		107	4.240	786.62		167	6.640	771.84	
48	1.880	835.00		108	4.280	784.56		168	6.680	773.23	
49	1.920	831.49		109	4.320	783.42		169	6.720	773.95	
50	1.960	830.96		110	4.360	785.87		170	6.760	770.81	
51	2.000	829.47		111	4.400	785.17		171	6.800	768.97	
52	2.040	829.08		112	4.440	785.56		172	6.840	769.95	
53	2.080	828.16		113	4.480	786.49		173	6.880	770.62	
54	2.120	828.20		114	4.520	784.30		174	6.920	769.20	
55	2.160	822.69		115	4.560	782.27		175	6.960	771.64	
56	2.200	821.27		116	4.600	783.74		176	7.000	774.27	
57	2.240	819.06		117	4.640	786.03		177	7.040	772.98	
58	2.280	817.59		118	4.680	785.04		178	7.080	772.50	
59	2.320	814.17		119	4.720	784.30		179	7.120	771.21	
60	2.360	814.83		120	4.760	785.87		180	7.160	770.93	

Painel aglomerado 50 % Corymbia 50 % teca- doutorado Valter

QMS Density Profile System - v2.02 USB

Batch Summary Report - Scan Profile

Batch File: valter
Operator: valter

Date: May 08, 2020
Time: 12:57:12
Page: 3 of 3

Density Analysis (kg/m3)

Step Num	Position	Density	Step Num	Position	Density	Step Num	Position	Density
181	7.200	771.58	241	9.600	815.89			
182	7.240	770.24	242	9.640	813.05			
183	7.280	769.53	243	9.680	817.00			
184	7.320	770.31	244	9.720	817.08			
185	7.360	769.14	245	9.760	816.70			
186	7.400	773.08	246	9.800	817.37			
187	7.440	774.51	247	9.840	821.00			
188	7.480	773.43	248	9.880	823.44			
189	7.520	776.05	249	9.920	827.39			
190	7.560	777.87	250	9.960	830.27			
191	7.600	775.53	251	10.000	826.67			
192	7.640	776.63	252	10.040	831.11			
193	7.680	775.11	253	10.080	828.34			
194	7.720	775.35	254	10.120	833.22			
195	7.760	774.72	255	10.160	833.20			
196	7.800	777.58	256	10.200	832.32			
197	7.840	775.15	257	10.240	838.13			
198	7.880	774.98	258	10.280	836.88			
199	7.920	778.47	259	10.320	841.13			
200	7.960	776.14	260	10.360	842.07			
201	8.000	776.61	261	10.400	840.44			
202	8.040	779.25	262	10.440	841.70			
203	8.080	779.75	263	10.480	843.23			
204	8.120	783.27	264	10.520	842.98			
205	8.160	781.37	265	10.560	846.61			
206	8.200	784.95	266	10.600	849.11			
207	8.240	786.02	267	10.640	849.71			
208	8.280	784.14	268	10.680	850.31			
209	8.320	784.75	269	10.720	851.33			
210	8.360	787.31	270	10.760	852.08			
211	8.400	785.88	271	10.800	855.29			
212	8.440	787.95	272	10.840	858.51			
213	8.480	790.13	273	10.880	860.06			
214	8.520	789.15	274	10.920	862.12			
215	8.560	791.74	275	10.960	861.68			
216	8.600	792.84	276	11.000	863.52			
217	8.640	793.31	277	11.040	865.99			
218	8.680	792.99	278	11.080	868.28			
219	8.720	793.33	279	11.120	865.19			
220	8.760	792.72	280	11.160	870.55			
221	8.800	793.00	281	11.200	871.11			
222	8.840	796.89	282	11.240	873.28			
223	8.880	797.03	283	11.280	870.62			
224	8.920	794.40	284	11.320	874.70			
225	8.960	797.82	285	11.360	872.96			
226	9.000	800.32	286	11.400	876.07			
227	9.040	801.19	287	11.440	875.62			
228	9.080	801.31	288	11.480	876.84			
229	9.120	803.89	289	11.520	877.05			
230	9.160	804.67	290	11.560	880.10			
231	9.200	803.17	291	11.600	877.57			
232	9.240	802.11	292	11.640	875.45			
233	9.280	803.30	293	11.680	876.15			
234	9.320	804.34	294	11.720	874.70			
235	9.360	804.38	295	11.760	870.48			
236	9.400	806.27	296	11.800	870.37			
237	9.440	808.12	297	11.840	866.84			
238	9.480	807.95	298	11.880	852.68			
239	9.520	811.19						
240	9.560	811.66						

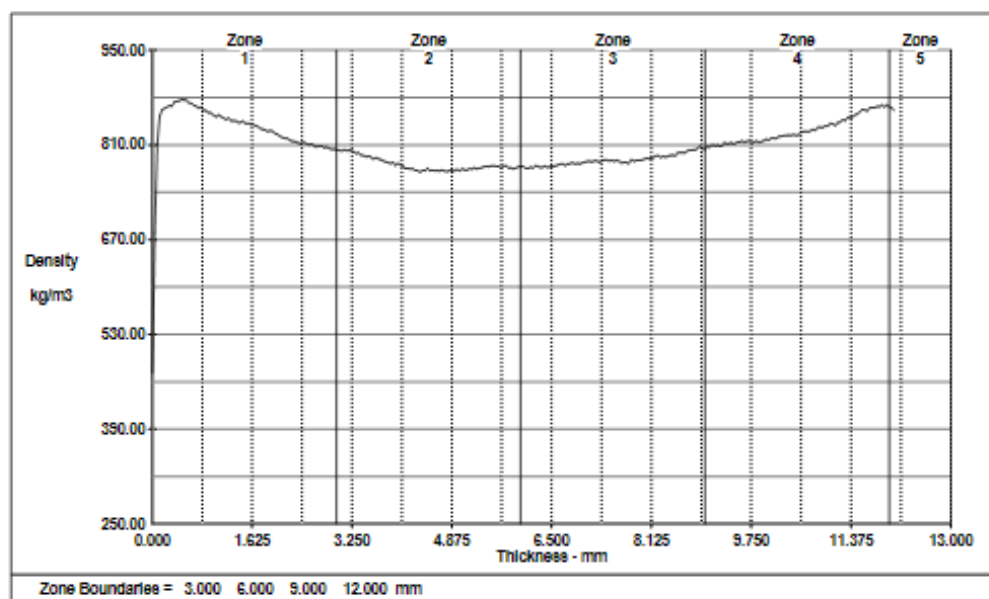
Painel aglomerado 25 % Corymbia 75% teca- doutorado Valter

QMS Density Profile System - v2.02 USB

Batch Summary Report - Scan Profile

Batch File: valter
Operator: valter

Date: May 08, 2020
Time: 13:22:25
Page: 1 of 3



Batch Average Density Analysis (kg/m³)

Batch Average Density: 808.62

Zone Analysis	Zone 1/Pos.	Zone 2/Pos.	Zone 3/Pos.	Zone 4/Pos.	Zone 5/Pos.
Maximum Point Density:	889.52	0.280	812.51	3.480	817.50
Minimum Point Density:	466.16	0.200	757.92	5.040	760.87
Average Zone Density:	832.56		781.45		787.50

Ratio Analysis

Zone Avg. / Overall Avg.:	1.03	0.97	0.97	1.03	1.02
Zone 1 Avg. / Zone 5 Avg.:		1.01			
(Zone 1 + Zone 5) / Overall Avg.:		2.04			

Batch Analysis Parameters

Number of Samples in Batch:	10	Linear Resolution Step Size:	2
Target Panel Thickness:	0.000 mm	Time To Thickness:	0 Sec.
Measured Panel Thickness:	0.000 mm	Time to Decompression:	0 Sec.
Target Weight:	0.000 kg	Surface Moisture Content:	0.000 %
Measured Weight:	0.000 kg	Core Moisture Content:	0.000 %
Furnish Thickness:	0.000 mm	Average Sample Beam Length:	50.082 mm
Press Temperature:	0 °C	Average Sample Height:	50.018 mm
Mill Number:	Corimba 100 %	Average Sample Thickness:	12.331 mm
Press Load Number:		Average Sample Weight:	24.14 g
Species Mix:			
Comments:			

*See Sample Summary Report for Process Information Relative to this batch.
NOTE: THIS REPORT ASSUMES ALL SAMPLES IN THE BATCH ARE OF SIMILAR NOMINAL THICKNESS.

Painel aglomerado 25 % Corymbia 75% teca- doutorado Valter

QMS Density Profile System - v2.02 USB

Batch Summary Report - Scan Profile

Batch File: valter
Operator: valter

Date: May 08, 2020
Time: 13:22:25
Page: 2 of 3

Density Analysis (kg/m3)

Step	Numt	Position	Density	Step	Numt	Position	Density	Step	Numt	Position	Density
1	0.000	473.52		61	2.400	812.40		121	4.800	770.94	
2	0.040	680.68		62	2.440	813.20		122	4.840	772.54	
3	0.080	810.91		63	2.480	813.67		123	4.880	772.01	
4	0.120	852.75		64	2.520	811.68		124	4.920	771.94	
5	0.160	862.14		65	2.560	810.59		125	4.960	774.36	
6	0.200	864.03		66	2.600	812.07		126	5.000	771.95	
7	0.240	866.12		67	2.640	807.92		127	5.040	774.77	
8	0.280	868.27		68	2.680	807.55		128	5.080	773.96	
9	0.320	867.14		69	2.720	808.60		129	5.120	772.32	
10	0.360	873.19		70	2.760	808.21		130	5.160	774.98	
11	0.400	874.70		71	2.800	808.32		131	5.200	774.20	
12	0.440	875.54		72	2.840	807.28		132	5.240	776.71	
13	0.480	877.24		73	2.880	805.33		133	5.280	774.64	
14	0.520	876.76		74	2.920	803.62		134	5.320	775.63	
15	0.560	876.27		75	2.960	804.22		135	5.360	776.83	
16	0.600	872.14		76	3.000	803.34		136	5.400	777.81	
17	0.640	871.66		77	3.040	802.68		137	5.440	778.80	
18	0.680	868.21		78	3.080	801.25		138	5.480	777.95	
19	0.720	867.38		79	3.120	803.50		139	5.520	779.33	
20	0.760	864.24		80	3.160	802.02		140	5.560	779.72	
21	0.800	866.57		81	3.200	802.41		141	5.600	778.60	
22	0.840	861.62		82	3.240	802.40		142	5.640	778.59	
23	0.880	860.50		83	3.280	800.17		143	5.680	776.46	
24	0.920	857.45		84	3.320	797.71		144	5.720	779.19	
25	0.960	857.39		85	3.360	798.52		145	5.760	779.63	
26	1.000	854.14		86	3.400	794.98		146	5.800	776.34	
27	1.040	851.98		87	3.440	794.91		147	5.840	776.82	
28	1.080	854.58		88	3.480	792.68		148	5.880	774.71	
29	1.120	852.07		89	3.520	793.86		149	5.920	775.94	
30	1.160	850.23		90	3.560	792.39		150	5.960	778.14	
31	1.200	847.29		91	3.600	789.22		151	6.000	778.05	
32	1.240	850.48		92	3.640	791.38		152	6.040	779.05	
33	1.280	845.98		93	3.680	789.70		153	6.080	775.32	
34	1.320	845.80		94	3.720	788.52		154	6.120	775.78	
35	1.360	845.73		95	3.760	786.72		155	6.160	777.57	
36	1.400	843.18		96	3.800	785.51		156	6.200	776.21	
37	1.440	843.47		97	3.840	784.42		157	6.240	779.60	
38	1.480	845.60		98	3.880	782.93		158	6.280	776.53	
39	1.520	841.49		99	3.920	784.59		159	6.320	776.83	
40	1.560	842.60		100	3.960	780.20		160	6.360	777.53	
41	1.600	840.17		101	4.000	783.37		161	6.400	779.23	
42	1.640	840.81		102	4.040	780.48		162	6.440	776.78	
43	1.680	838.94		103	4.080	779.41		163	6.480	778.58	
44	1.720	837.31		104	4.120	775.36		164	6.520	778.08	
45	1.760	834.26		105	4.160	776.26		165	6.560	779.40	
46	1.800	833.05		106	4.200	774.49		166	6.600	780.48	
47	1.840	832.33		107	4.240	775.28		167	6.640	781.72	
48	1.880	829.99		108	4.280	772.66		168	6.680	782.63	
49	1.920	831.83		109	4.320	772.65		169	6.720	779.93	
50	1.960	830.32		110	4.360	769.83		170	6.760	782.15	
51	2.000	828.94		111	4.400	772.88		171	6.800	782.22	
52	2.040	828.04		112	4.440	772.15		172	6.840	784.45	
53	2.080	823.02		113	4.480	776.20		173	6.880	782.34	
54	2.120	821.22		114	4.520	772.18		174	6.920	782.93	
55	2.160	820.40		115	4.560	772.69		175	6.960	782.55	
56	2.200	820.03		116	4.600	771.97		176	7.000	783.63	
57	2.240	817.01		117	4.640	772.52		177	7.040	785.08	
58	2.280	815.85		118	4.680	771.79		178	7.080	785.84	
59	2.320	815.08		119	4.720	773.37		179	7.120	786.23	
60	2.360	813.93		120	4.760	771.66		180	7.160	785.53	

Painel aglomerado 25 % Corymbia 75% teca- doutorado Valter

QMS Density Profile System - v2.02 USB

Batch Summary Report - Scan Profile

Batch File: valter
Operator: valter

Date: May 08, 2020
Time: 13:22:25
Page: 3 of 3

Density Analysis (kg/m³)

Step	Numt	Position	Density	Step	Numt	Position	Density	Step	Numt	Position	Density
181	7.200	788.57		241	9.600	816.19		301	12.000	866.61	
182	7.240	788.91		242	9.640	813.85		302	12.040	864.59	
183	7.280	784.37		243	9.680	815.63		303	12.080	861.33	
184	7.320	788.75		244	9.720	816.54					
185	7.360	787.99		245	9.760	812.72					
186	7.400	787.88		246	9.800	814.48					
187	7.440	788.45		247	9.840	816.17					
188	7.480	787.99		248	9.880	813.63					
189	7.520	788.06		249	9.920	815.37					
190	7.560	787.58		250	9.960	816.69					
191	7.600	788.36		251	10.000	818.78					
192	7.640	783.19		252	10.040	816.97					
193	7.680	785.13		253	10.080	821.11					
194	7.720	784.03		254	10.120	819.89					
195	7.760	782.99		255	10.160	820.03					
196	7.800	788.74		256	10.200	822.40					
197	7.840	788.04		257	10.240	823.19					
198	7.880	787.22		258	10.280	823.90					
199	7.920	787.03		259	10.320	823.64					
200	7.960	787.99		260	10.360	824.85					
201	8.000	789.16		261	10.400	824.26					
202	8.040	790.57		262	10.440	825.56					
203	8.080	790.21		263	10.480	824.31					
204	8.120	790.31		264	10.520	824.82					
205	8.160	791.40		265	10.560	829.51					
206	8.200	794.55		266	10.600	829.86					
207	8.240	794.57		267	10.640	830.57					
208	8.280	791.69		268	10.680	829.59					
209	8.320	794.07		269	10.720	831.26					
210	8.360	792.02		270	10.760	833.06					
211	8.400	794.46		271	10.800	831.55					
212	8.440	794.79		272	10.840	836.70					
213	8.480	795.24		273	10.880	835.92					
214	8.520	794.52		274	10.920	836.48					
215	8.560	799.11		275	10.960	838.86					
216	8.600	799.13		276	11.000	837.92					
217	8.640	798.72		277	11.040	842.07					
218	8.680	798.52		278	11.080	841.13					
219	8.720	801.95		279	11.120	838.75					
220	8.760	802.64		280	11.160	843.21					
221	8.800	802.84		281	11.200	843.52					
222	8.840	802.93		282	11.240	847.60					
223	8.880	804.75		283	11.280	846.24					
224	8.920	808.33		284	11.320	850.61					
225	8.960	804.69		285	11.360	850.72					
226	9.000	803.93		286	11.400	851.41					
227	9.040	808.20		287	11.440	854.82					
228	9.080	807.44		288	11.480	855.62					
229	9.120	810.15		289	11.520	858.98					
230	9.160	808.76		290	11.560	862.17					
231	9.200	809.76		291	11.600	862.41					
232	9.240	808.26		292	11.640	860.23					
233	9.280	809.15		293	11.680	864.88					
234	9.320	813.90		294	11.720	865.34					
235	9.360	811.34		295	11.760	865.01					
236	9.400	812.82		296	11.800	867.14					
237	9.440	813.17		297	11.840	866.65					
238	9.480	811.31		298	11.880	869.74					
239	9.520	814.13		299	11.920	866.18					
240	9.560	813.97		300	11.960	869.79					

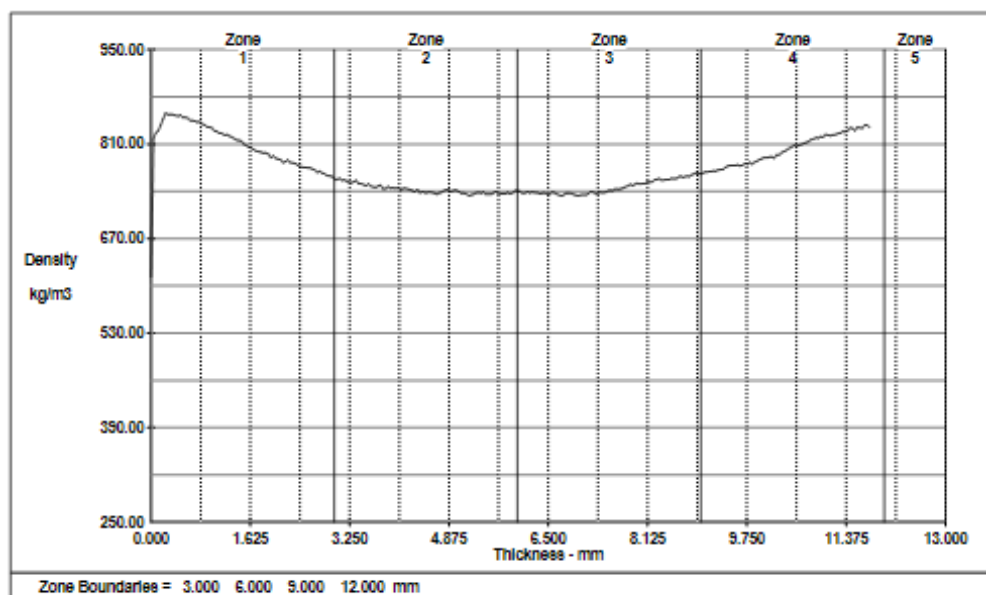
Painel aglomerado 100 % teca- doutorado Valter

QMS Density Profile System - v2.02 USB

Batch Summary Report - Scan Profile

Batch File: valter
Operator: valter

Date: May 08, 2020
Time: 13:47:33
Page: 1 of 3



Batch Average Density Analysis (kg/m³)

Batch Average Density: 775.34

Zone Analysis	Zone 1/Pos.	Zone 2/Pos.	Zone 3/Pos.	Zone 4/Pos.	Zone 5/Pos.
Maximum Point Density:	883.29	0.200	767.71	3.880	774.50
Minimum Point Density:	597.53	0.760	720.83	4.880	721.05
Average Zone Density:	808.11	743.23	746.00	797.22	613.53

Ratio Analysis

Zone Avg. / Overall Avg.:	1.04	0.96	0.96	1.03	0.79
Zone 1 Avg. / Zone 5 Avg.:		1.32			
(Zone 1 + Zone 5) / Overall Avg.:		1.83			

Batch Analysis Parameters

Number of Samples in Batch:	10	Linear Resolution Step Size:	2
Target Panel Thickness:	0.000 mm	Time To Thickness:	0 Sec.
Measured Panel Thickness:	0.000 mm	Time to Decompression:	0 Sec.
Target Weight:	0.000 kg	Surface Moisture Content:	0.000 %
Measured Weight:	0.000 kg	Core Moisture Content:	0.000 %
Furnish Thickness:	0.000 mm	Average Sample Beam Length:	50.198 mm
Press Temperature:	0 °C	Average Sample Height:	50.105 mm
Mill Number:	Corimba 100 %	Average Sample Thickness:	12.178 mm
Press Load Number:		Average Sample Weight:	22.85 g
Species Mix:			
Comments:			

*See Sample Summary Report for Process Information Relative to this batch.
NOTE: THIS REPORT ASSUMES ALL SAMPLES IN THE BATCH ARE OF SIMILAR NOMINAL THICKNESS.

Painel aglomerado 100 % teca- doutorado Valter

QMS Density Profile System - v2.02 USB

Batch Summary Report - Scan Profile

Batch File: valter
Operator: valter

Date: May 08, 2020
Time: 13:47:33
Page: 2 of 3

Density Analysis (kg/m3)

Step Num	Position	Density	Step Num	Position	Density	Step Num	Position	Density
1	0.000	813.48	61	2.400	779.31	121	4.800	741.85
2	0.040	818.77	62	2.440	776.96	122	4.840	742.76
3	0.080	827.50	63	2.480	776.52	123	4.880	741.10
4	0.120	830.24	64	2.520	775.36	124	4.920	740.34
5	0.160	838.60	65	2.560	775.43	125	4.960	741.53
6	0.200	847.70	66	2.600	775.12	126	5.000	741.68
7	0.240	856.30	67	2.640	773.66	127	5.040	739.80
8	0.280	853.84	68	2.680	772.27	128	5.080	737.21
9	0.320	854.44	69	2.720	768.17	129	5.120	737.73
10	0.360	853.86	70	2.760	770.44	130	5.160	736.74
11	0.400	852.74	71	2.800	767.31	131	5.200	733.59
12	0.440	851.97	72	2.840	766.69	132	5.240	735.08
13	0.480	853.08	73	2.880	763.45	133	5.280	735.97
14	0.520	849.67	74	2.920	762.98	134	5.320	737.94
15	0.560	850.14	75	2.960	762.36	135	5.360	738.47
16	0.600	848.82	76	3.000	759.04	136	5.400	737.50
17	0.640	845.54	77	3.040	757.17	137	5.440	738.93
18	0.680	844.92	78	3.080	759.81	138	5.480	735.70
19	0.720	844.51	79	3.120	756.19	139	5.520	736.34
20	0.760	842.90	80	3.160	757.38	140	5.560	735.80
21	0.800	843.45	81	3.200	755.68	141	5.600	737.76
22	0.840	839.90	82	3.240	753.98	142	5.640	739.91
23	0.880	838.62	83	3.280	752.88	143	5.680	737.67
24	0.920	835.76	84	3.320	754.43	144	5.720	736.94
25	0.960	835.41	85	3.360	756.49	145	5.760	736.52
26	1.000	834.38	86	3.400	751.34	146	5.800	736.75
27	1.040	829.93	87	3.440	752.19	147	5.840	738.50
28	1.080	828.89	88	3.480	749.80	148	5.880	736.73
29	1.120	826.48	89	3.520	748.86	149	5.920	738.12
30	1.160	826.81	90	3.560	751.20	150	5.960	741.20
31	1.200	823.12	91	3.600	747.64	151	6.000	740.92
32	1.240	824.36	92	3.640	746.69	152	6.040	740.42
33	1.280	822.23	93	3.680	746.19	153	6.080	737.47
34	1.320	820.82	94	3.720	748.01	154	6.120	738.15
35	1.360	818.43	95	3.760	749.56	155	6.160	739.79
36	1.400	816.42	96	3.800	743.92	156	6.200	738.05
37	1.440	815.87	97	3.840	744.10	157	6.240	739.35
38	1.480	814.96	98	3.880	747.39	158	6.280	738.25
39	1.520	810.14	99	3.920	744.82	159	6.320	738.41
40	1.560	808.11	100	3.960	745.63	160	6.360	736.92
41	1.600	805.82	101	4.000	745.02	161	6.400	737.14
42	1.640	804.91	102	4.040	745.64	162	6.440	738.18
43	1.680	802.62	103	4.080	742.67	163	6.480	736.98
44	1.720	800.13	104	4.120	744.24	164	6.520	735.99
45	1.760	799.05	105	4.160	744.82	165	6.560	738.89
46	1.800	798.26	106	4.200	743.62	166	6.600	738.49
47	1.840	798.75	107	4.240	742.53	167	6.640	736.21
48	1.880	797.33	108	4.280	741.13	168	6.680	734.71
49	1.920	795.47	109	4.320	739.89	169	6.720	733.28
50	1.960	790.07	110	4.360	742.92	170	6.760	735.88
51	2.000	792.81	111	4.400	738.16	171	6.800	737.52
52	2.040	789.35	112	4.440	740.01	172	6.840	737.54
53	2.080	788.28	113	4.480	738.52	173	6.880	737.29
54	2.120	787.29	114	4.520	738.28	174	6.920	735.50
55	2.160	782.99	115	4.560	739.57	175	6.960	734.28
56	2.200	784.44	116	4.600	738.24	176	7.000	733.61
57	2.240	786.70	117	4.640	737.67	177	7.040	735.15
58	2.280	782.79	118	4.680	738.04	178	7.080	734.83
59	2.320	782.63	119	4.720	737.93	179	7.120	735.24
60	2.360	781.43	120	4.760	738.69	180	7.160	737.08

Painel aglomerado 100 % teca- doutorado Valter

QMS Density Profile System - v2.02 USB

Batch Summary Report - Scan Profile

Batch File: valter
Operator: valter

Date: May 08, 2020
Time: 13:47:33
Page: 3 of 3

Density Analysis (kg/m3)

Step NumtPosition	Density	Step NumtPosition	Density	Step NumtPosition	Density
181	7.200	740.08	241	9.800	779.61
182	7.240	738.69	242	9.840	777.89
183	7.280	737.04	243	9.880	779.07
184	7.320	737.95	244	9.720	781.59
185	7.360	738.62	245	9.760	780.52
186	7.400	738.47	246	9.800	783.16
187	7.440	738.61	247	9.840	780.48
188	7.480	741.17	248	9.880	783.50
189	7.520	741.72	249	9.920	785.30
190	7.560	741.28	250	9.960	787.29
191	7.600	744.08	251	10.000	789.16
192	7.640	743.36	252	10.040	790.32
193	7.680	743.72	253	10.080	790.05
194	7.720	744.67	254	10.120	791.32
195	7.760	746.49	255	10.160	791.50
196	7.800	748.19	256	10.200	789.48
197	7.840	750.54	257	10.240	794.87
198	7.880	748.63	258	10.280	794.08
199	7.920	750.43	259	10.320	797.97
200	7.960	752.32	260	10.360	799.35
201	8.000	751.03	261	10.400	801.29
202	8.040	751.89	262	10.440	803.95
203	8.080	751.51	263	10.480	805.94
204	8.120	753.96	264	10.520	808.24
205	8.160	754.18	265	10.560	807.09
206	8.200	754.08	266	10.600	808.88
207	8.240	757.43	267	10.640	809.41
208	8.280	757.96	268	10.680	811.47
209	8.320	759.17	269	10.720	812.64
210	8.360	758.33	270	10.760	813.95
211	8.400	757.15	271	10.800	816.58
212	8.440	757.96	272	10.840	817.92
213	8.480	757.30	273	10.880	819.48
214	8.520	759.68	274	10.920	819.22
215	8.560	758.83	275	10.960	821.71
216	8.600	759.28	276	11.000	820.52
217	8.640	761.96	277	11.040	824.68
218	8.680	762.34	278	11.080	823.51
219	8.720	760.72	279	11.120	822.63
220	8.760	763.11	280	11.160	823.80
221	8.800	762.11	281	11.200	823.79
222	8.840	764.60	282	11.240	825.98
223	8.880	765.73	283	11.280	826.75
224	8.920	767.96	284	11.320	829.04
225	8.960	766.83	285	11.360	828.56
226	9.000	766.04	286	11.400	830.37
227	9.040	767.97	287	11.440	834.53
228	9.080	768.78	288	11.480	833.62
229	9.120	769.36	289	11.520	830.42
230	9.160	769.60	290	11.560	835.18
231	9.200	770.78	291	11.600	834.55
232	9.240	770.22	292	11.640	834.04
233	9.280	771.63	293	11.680	838.25
234	9.320	772.49	294	11.720	838.10
235	9.360	772.64	295	11.760	834.87
236	9.400	776.13			
237	9.440	777.58			
238	9.480	778.70			
239	9.520	778.24			
240	9.560	778.56			