



Universidade Estadual Paulista
“Júlio de Mesquita Filho”



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

LARISSA GALANTE DIAS

**CARACTERIZAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS E
MECÂNICAS DOS PAINÉIS DE TECA COM ADIÇÃO DE
PUPUNHA**

Bauru, SP
Dezembro - 2020

LARISSA GALANTE DIAS

**CARACTERIZAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS E
MECÂNICAS DOS PAINÉIS DE TECA COM ADIÇÃO DE
PUPUNHA**

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

Orientador: Prof. Dr. Ivaldo De Domenico Valarelli

Bauru, SP
Dezembro – 2020

FICHA CATALOGRÁFICA

Dias, Larissa Galante.

Caracterização das propriedades físicas e mecânicas dos painéis de teca com adição de pupunha, 2020,
129f. : il

Orientador: Ivaldo de Domenico Valarelli

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

1. Painéis aglomerados. 2. Sustentabilidade. 3. Teca. 4. Pupunha. I. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia Mecânica.



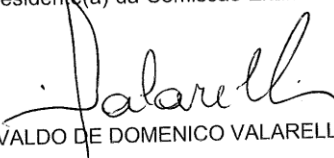
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Bauru



ATA DA DEFESA PÚBLICA DA TESE DE DOUTORADO DE LARISSA GALANTE DIAS, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA, DA FACULDADE DE ENGENHARIA - CÂMPUS DE BAURU.

Aos 20 dias do mês de novembro do ano de 2020, às 09:00 horas, por meio de Videoconferência, realizou-se a defesa de TESE DE DOUTORADO de LARISSA GALANTE DIAS, intitulada **CARACTERIZAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DOS PAINÉIS DE TECA COM ADIÇÃO DE PUPUNHA**. A Comissão Examinadora foi constituída pelos seguintes membros: Prof. Dr. IVALDO DE DOMENICO VALARELLI (Orientador(a) - Participação Virtual) do(a) Departamento de Engenharia Mecânica / Faculdade de Engenharia de Bauru - UNESP, Prof. Dr. JOAO EDUARDO GUARNETTI DOS SANTOS (Participação Virtual) do(a) Departamento de Engenharia Mecânica / Faculdade de Engenharia de Bauru - UNESP, Prof. Dr. ELSON AVALLONE (Participação Virtual) do(a) Departamento de Indústria / Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP) - Câmpus de Catanduva/SP, Prof. Dr. LUIZ DARE NETO (Participação Virtual) do(a) Departamento de Engenharia Mecânica / Faculdade de Engenharia de Bauru - UNESP, Prof. Dr. RICARDO BREGANON (Participação Virtual) do(a) Departamento de Engenharia de Controle e Automação / Instituto Federal do Paraná - IFPR, Campus Jacarezinho. Após a exposição pela doutoranda e arguição pelos membros da Comissão Examinadora que participaram do ato, de forma presencial e/ou virtual, a discente recebeu o conceito final: APRO-
VADA. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelo(a) Presidente(a) da Comissão Examinadora.


Prof. Dr. IVALDO DE DOMENICO VALARELLI

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a Deus, pois sem ele, nada seria possível.

Dedico este trabalho ao meu pai, que desde o início me apoiou e me incentivou a continuar, mesmo com todas as dificuldades.

Dedico este trabalho à minha mãe, que me ensinou a ser forte, e me mostrou do que sou capaz.

Dedico este trabalho à minha irmã, que com todo seu companheirismo e amizade, sempre me deu forças para continuar.

Dedico este trabalho à minha sobrinha que tanto amo, que ilumina minha vida todos os dias.

Dedico este trabalho ao meu namorado, que foi companheiro e amigo em todos os momentos, compreendendo quando necessário.

Dedico este trabalho aos meus avós, que são exemplos de vida.

Dedico este trabalho a toda minha família e amigos, que é a base de todas as minhas conquistas.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, pela vida, pela capacidade de seguir em frente, e por me proporcionar a vivência deste momento tão especial.

Agradeço a minha amiga Silvia Marana Nasser, por suas correções que valorizaram o meu trabalho.

Agradeço ao prof. Dr. Ivaldo De Domenico Valarelli da Engenharia Mecânica da FEB – UNESP por transmitir todo seu conhecimento e experiência, acreditar na minha capacidade e me confiar como orientanda.

Agradeço ao Técnico de laboratório Israel Luiz Pereira Dos Santos do Laboratório de Construção Civil da FEB – UNESP que concedeu o uso do equipamento para análise mecânica do material desenvolvido em pesquisa.

Agradeço a Mecânica da FEB – UNESP, por todo apoio dado a pesquisa.

Agradeço a Construção Civil da FEB – UNESP, que permitiu a utilização dos laboratórios para o desenvolvimento dos ensaios.

Agradeço a todos da FEB – UNESP Bauru que permitiram com que eu realizasse meu trabalho, me proporcionando a oportunidade da obtenção do título de Doutora em Engenharia Mecânica.

Muito Obrigada!

RESUMO

DIAS, L. G. CARACTERIZAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DOS PAINÉIS DE TECA COM ADIÇÃO DE PUPUNHA. 129 f. Tese de Doutorado – Faculdade de Engenharia de Bauru, Universidade Estadual Paulista (Unesp), Bauru, 2020.

Com a produção de painéis aglomerados, grande parte de madeiras provenientes de florestas plantadas de Pinus e algumas espécies de Eucalipto são consumidas no Brasil, dessa forma, surgiu-se a necessidade da busca por novas espécies a fim de suprir a alta demanda na fabricação desses painéis. Essa busca crescente, veio acompanhada da necessidade do aproveitamento de resíduos e de madeiras menos nobres, dessa forma conquistando produtos eficientes, que contribuem positivamente na minimização a degradação do meio ambiente. O presente trabalho teve como objetivo principal a criação de painéis aglomerados, que apresentassem as propriedades exigidas nas normas NBR-14810 (2013) e ANSI A208 (1999) com uma nova composição, a fim de utilizar resíduos, seguindo a linha sustentável, juntamente com material usual na produção de painéis. As matérias primas utilizadas foram: Teca (*Tectona grandis*) e Pupunha (*Bactris Gasipaes Kunth*). A Teca, por ser um material destaque na produção de painéis, devido à alta qualidade de sua madeira, e a Pupunha por ser uma palmeira com elevado grau de descarte de resíduos após a retirada do insumo, sendo um material de destaque ecológico aos pesquisadores, que buscam uma aplicação efetiva e eficiente para a Pupunha atendendo aos quesitos da sustentabilidade. O trabalho foi realizado confeccionando painéis aglomerados de Teca e Pupunha com densidade de 0,75 g/cm³ (painel de média densidade), para 4 tratamentos, sendo T₁ – 100% Teca; T₂ – 90% Teca + 10%Pupunha; T₃ – 80% Teca + 20% Pupunha; T₄ – 70% Teca + 30% Pupunha, utilizando 12% de adesivo à base de óleo de mamona, sendo ele classificado como impermeável e não agressivo ao meio ambiente e ao ser humano. Os painéis foram confeccionados através das etapas descritas na metodologia do trabalho, e após a confecção dos mesmos e preparação dos corpos de prova, foram realizados ensaios físicos (Teor de umidade, densidade, Absorção e inchamento em espessura) e ensaios mecânicos (Resistência à flexão estática, arrancamento de parafuso face e topo, dureza Janka, tração perpendicular e axial as fibras) conforme propostos pelas normas NBR 14810-2 (2013) e ANSI A208 (1999) para verificação das propriedades da nova composição dos painéis. Através de análise estatísticas foi possível verificar uma significância nos resultados apresentados para os ensaios mecânicos de flexão estática e tração perpendicular. Após o estudo dos resultados foi possível verificar as viáveis aplicações para esta nova composição de painéis aglomerados.

PALAVRAS-CHAVE: Painéis Aglomerados, Sustentabilidade, Pupunha, Teca.

ABSTRACT

DIAS, L. G. CHARACTERIZATION OF THE PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF TEAK PANELS WITH PUPUNHA ADDITION . 129 f. Tese de Doutorado – Faculdade de Engenharia de Bauru, Universidade Estadual Paulista (Unesp), Bauru, 2020.

Due to production of agglomerated panels, a large part of wood from planted pine forests and some species of Eucalyptus are consumed in Brazil, thus, there was a need to search for new species in order to supply the high demand used in the manufacture of these panels. This growing search was accompanied by the need of using less noble wood and wood waste, thus conquering efficient products, which contribute positively in minimizing the environment degradation. The present work had as main objective the creation of agglomerated panels, which presented the properties required in the standards NBR-14810 (2013) and ANSI A208 (1999) with a new composition, in order to use residues, following the sustainable line, together with usual material in panel production. The raw materials used were: Teak (*Tectona grandis*) and Pupunha (*Bactris Gasipaes* Kunth), Teak, for being a prominent material in the production of panels, due to the high quality of its wood, and Pupunha for being a palm with a high degree of waste disposal after the withdrawal of the input, what makes it a material of ecological prominence to the researchers, who seek an effective and efficient application for the Pupunha meeting the requirements of sustainability. The work was carried out by making agglomerated panels made of Teak and Pupunha with a density of 0.75g / cm³ (medium density panel), for 4 treatments, T1 - 100% Teak; T2 - 90% Teak + 10% Pupunha; T3 - 80% Teak + 20% Pupunha; T4 - 70% Teak + 30% Pupunha, using 12% castor oil based adhesive, being classified as impermeable and non-aggressive to the environment and human beings. The panels were made through the steps described in the work methodology, and after their preparation and preparation of the specimens, physical tests (moisture content, density, absorption and thickness swelling) and mechanical tests (Flexural strength) were performed static, face and top screw pullout, Janka hardness, perpendicular and axial traction of the fibers) as proposed by NBR 14810-2 (2013) and ANSI A208 (1999) standards to verify the properties of the new composition of the panels. Through statistical analysis it was possible to verify a significance in the results presented for the mechanical tests of Static Flexion and Perpendicular Traction. After studying the results, it was possible to determine the viable applications for this new composition of agglomerated panels.

KEYWORDS: Agglomerated panels, Sustainability, Pupunha, Teak.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Modelo do plano do desenvolvimento de corte conforme norma NBR 14810-2 (2013).....	13
Figura 2: Retirada da Teca (Unesp Bauru – SP) a) Galhos de Teca antes da moagem; b) Teca após a moagem.....	14
Figura 3: Retirada da Pupunha (Torrinha – SP) a) Pupunha sendo retirada; b) Pupunha após o corte do tronco.....	14
Figura 4: Agitador Mecânico (Unesp Bauru – SP).....	15
Figura 5: Separação das partículas por granulometria (Unesp Bauru – SP).....	15
Figura 6: Bicomponente de óleo de mamona a) Poliól b) Isocianato.....	16
Figura 7: Proporção do bicomponente de mamona – 1:1 a) Poliól b) Isocianato.....	16
Figura 8: Mistura entre a Resina e as Partículas a) Resina e partículas separados e pesados antes da mistura; b) Mistura manual entre Resina e Partículas.....	19
Figura 9: Etapas da Pré- Prensagem à Frio a) Aro e placa de metal para colocação do material a ser prensado; b) caixa de madeira para colocação do material; c) montagem de colchão para pré prensagem; d) Pré prensagem para formação do colchão.....	20
Figura 10: Prensa hidráulica PHS máquinas hidráulicas Ltda.....	21
Figura 11: Painéis após prensagem a) painel com aro após a prensagem da peça; b) painel retirado da prensa hidráulica, sendo levado para retirada do aro.....	21
Figura 12: Lixamento dos Painéis.....	22
Figura 13: Forma de Colocação do corpo de prova sobre os apoios na Máquina Universal de Ensaios.....	28
Figura 14: Corpo de prova ensaiado – Resistencia a Flexão Estática	29

Figura 15: Sentido dos esforços empregados nos ensaios de tração axial e perpendicular as fibras.....	30
Figura 16: a) Corpos de Prova colados ao dispositivo metálico circular; b) corpos de prova acoplados a máquina universal de ensaios.....	31
Figura 17: Corpo de Prova entre Blocos de tração, formando um conjunto.....	33
Figura 18: corpos de prova colados nos blocos de tração.....	33
Figura 19: Ensaio de Tração Perpendicular a) corpo de prova posicionado na máquina universal antes de ser ensaiado; b) corpo de prova após o ensaio – ruptura.....	34
Figura 20: Esquema do ensaio para determinação da Dureza Janka	35
Figura 21: Ensaio Dureza Janka a) superfície acoplada a máquina universal de ensaios; b) superfície ensaiada.....	36
Figura 22: Dimensões do Parafuso a ser utilizados nos ensaios.....	37
Figura 23: Esquema do ensaio para arranque de Face.....	37
Figura 24: Corpo de prova a ser ensaiado acoplado nos acessórios da máquina universal de ensaios, Parafuso Face a) Corpo de prova posicionado para ensaio; b) corpo de prova sendo ensaiado.....	38
Figura 25: Esquema do ensaio para arranque de topo.....	38
Figura 26: a) Corpo de prova preparado para o ensaio de Parafuso Topo b) Corpo de prova a ser ensaiado acoplado nos acessórios da máquina universal de ensaio – Parafuso Topo	39
Figura 27: Gráfico de desvio padrão dos tratamentos analisados – Flexão estática.....	43
Figura 28: Gráfico de desvio padrão dos tratamentos analisados – Tração Superficial.....	45

Figura 29: Gráfico de desvio padrão dos tratamentos analisados – Tração Perpendicular.....	46
Figura 30: Gráfico de desvio padrão dos tratamentos analisados Arrancamento de Parafuso Topo.	48
Figura 31: Gráfico de desvio padrão dos tratamentos analisados Arrancamento de Parafuso Face	50
Figura 32: Gráfico de desvio padrão dos tratamentos analisados – Dureza Janka....	51
Figura 33: Gráfico de desvio padrão dos tratamentos analisados Densidade.....	53
Figura 34: Gráfico de desvio padrão dos tratamentos analisados – Teor de Umidade.....	55
Figura 35: Gráfico de desvio padrão dos tratamentos analisados – Absorção de água.....	56
Figura 36: Gráfico de desvio padrão dos tratamentos analisados – Inchamento em espessura.....	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Painéis estruturais para uso em condições secas (Tipo P4): Requisitos para propriedades mecânicas e inchamento.....	11
Tabela 2: Dimensões e quantidades de corpos de prova para a realização de ensaios.....	12
Tabela 3: Características dos Adesivos	17
Tabela 4: Composições dos Tratamentos Analisados.....	18
Tabela 5: Resultados dos ensaios para determinação do módulo de elasticidade na flexão estática – MOE.....	41
Tabela 6: Resultados dos ensaios para determinação do módulo de Ruptura – MOR.....	42
Tabela 7: Resultados Finais das amostras Ensaio de Tração Superficial.....	44
Tabela 8: Resultados Finais das amostras Ensaio de Tração Perpendicular.....	46
Tabela 9: Resultados Finais das amostras Ensaio de Arrancamento de Parafuso Topo.....	48
Tabela 10: Resultados Finais das amostras Ensaio de Arrancamento de Parafuso Face.....	49
Tabela 11: Resultados Finais das amostras Ensaio de Dureza Janka.....	51
Tabela 12: Resultados Finais das amostras Ensaio de Densidade.....	53
Tabela 13: Resultados Finais das amostras Ensaio de Teor de Umidade.....	54
Tabela 14: Resultados Finais das amostras Ensaio de Absorção de água	56
Tabela 15: Resultados Finais das amostras Ensaio de Inchamento em espessura ..	57

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1: Cálculo do teor de umidade	24
Equação 2: Densidade do corpo de prova.....	25
Equação 3: Percentual da densidade em relação à densidade média.....	25
Equação 4: Cálculo da absorção de água do corpo de prova.....	26
Equação 5: Cálculo do inchamento em espessura.....	27
Equação 6: Cálculo da resistência à flexão estática (MOR).....	30
Equação 7: Cálculo de módulo de elasticidade (MOE)	30
Equação 8: Cálculo de resistência à tração axial ou superficial.....	32
Equação 9: Cálculo da resistência à tração perpendicular.....	34

APÊNDICE

Apêndice A: Ensaio de flexão estática T1 (100% Teca)	66
Apêndice B: Ensaio de flexão estática T2 (90% Teca + 10% Pupunha).....	67
Apêndice C: Ensaio de flexão estática T3 (80% Teca + 20% Pupunha).....	68
Apêndice D: Ensaio de flexão estática T4 (70% Teca + 30% Pupunha).....	69
Apêndice E: Ensaio de arrancamento topo de parafuso T1 (100% Teca).....	70
Apêndice F: Ensaio de arrancamento topo de parafuso T2 (90% Teca + 10% Pupunha)	71
Apêndice G: Ensaio de arrancamento topo de parafuso T3 (80% Teca + 20% Pupunha).....	72
Apêndice H: Ensaio de arrancamento topo de parafuso T4 (70% Teca + 30% Pupunha).....	73
Apêndice I: Ensaio de arrancamento face de parafuso T1 (100% Teca).....	74
Apêndice J: Ensaio de arrancamento face de parafuso T2 (90% Teca + 10% Pupunha).....	75
Apêndice K: Ensaio de arrancamento face de parafuso T3 (80% Teca + 20% Pupunha).....	76
Apêndice L: Ensaio de arrancamento face de parafuso T4 (70% Teca + 30% Pupunha).....	77
Apêndice M: Ensaio de dureza Janka T1 (100% Teca).....	78
Apêndice N: Ensaio de dureza Janka T2 (90% Teca+ 10%Pupunha).....	79
Apêndice O: Ensaio de dureza Janka T3 (80% Teca+ 20%Pupunha).....	80
Apêndice P: Ensaio de dureza Janka T4 (70% Teca+ 30%Pupunha).....	81
Apêndice Q: Ensaio de tração perpendicular T1 (100% Teca).....	82
Apêndice R: Ensaio de tração perpendicular T2 (90% Teca+ 10%Pupunha).....	83
Apêndice S: Ensaio de tração perpendicular T3 (80% Teca+ 20%Pupunha).....	84
Apêndice T: Ensaio de tração perpendicular T4 (70% Teca+ 30%Pupunha).....	85
Apêndice U: Ensaio de tração superficial T1 (100% Teca).....	86
Apêndice V: Ensaio de tração superficial T2 (90% Teca+ 10%Pupunha).....	87
Apêndice W: Ensaio de tração superficial T3 (80% Teca+ 20%Pupunha).....	88
Apêndice X: Ensaio de tração superficial T4 (70% Teca+ 30%Pupunha).....	89
Apêndice Y: Densidade T1 (100% Teca).....	90
Apêndice Z: Densidade T2 (90% Teca+10% Pupunha).....	91
Apêndice AA: Densidade T3 (80% Teca+20% Pupunha).....	92
Apêndice BB: Densidade T4 (70% Teca+30% Pupunha).....	93
Apêndice CC: Teor de umidade T1 (100% Teca).....	94
Apêndice DD: Teor de umidade T2 (90% Teca+10% Pupunha).....	95
Apêndice EE: Teor de umidade T3 (80% Teca+20% Pupunha).....	96
Apêndice FF: Teor de umidade T4 (70% Teca+30% Pupunha).....	97
Apêndice GG: Inchamento em espessura e absorção de Água T1(100% Teca)	98

Apêndice HH: Inchamento em espessura e absorção de água T2 (90% Teca+10% Pupunha).....	99
Apêndice II: Inchamento em espessura e absorção de água T3 (80% Teca+20% Pupunha).....	100
Apêndice JJ: Inchamento em espessura e absorção de água T4 (70% Teca+30% Pupunha).....	101
Apêndice KK: Teste De Tukey - Flexão Estática.....	102
Apêndice LL: Teste De Tukey – Arrancamento De Parafuso Topo.....	103
Apêndice MM: Teste De Tukey – Arrancamento De Parafuso Face.....	104
Apêndice NN: Teste De Tukey – Dureza Janka.....	105
Apêndice OO: Teste De Tukey – Tração Perpendicular.....	106
Apêndice PP: Teste De Tukey – Tração Superficial.....	107
Apêndice QQ: Teste De Tukey – Teor De Umidade.....	108
Apêndice RR: Teste De Tukey – Absorção De Água.....	109
Apêndice SS: Teste De Tukey – Inchamento Em Espessura.....	110
Apêndice TT: Teste De Tukey – Densidade.....	111

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
MDF	<i>Medium Density Fiberboard</i>
MDP	<i>Medium Density Particleboard</i>
MOE	Módulo de Elasticidade
MOR	Módulo de Ruptura
UNESP	Universidade do Estado de São Paulo

LISTA DE SÍMBOLOS

Atm	Pressão atmosférica
bar	Pressão
cm	Centímetro
°C	Grau Célsius
Cp	Viscosidade
D	Densidade
g	Gramas
h	Hora
kN	Quilo Newton
kg	Quilograma
kgf/cm ²	Quilograma força por centímetro quadrado
kg/m ³	Quilograma por metro cúbico
L	Litros
m	Metro
MPa	Megapascal
mm	Milímetro
mm ³	Milímetro Cúbico
%	Porcentagem
N	Newton
N/mm ²	Newton por milímetro quadrado

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1-	MADEIRA NA CONSTRUÇÃO CIVIL	3
2.2-	SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL	4
2.3-	PUPUNHA (<i>BACTRIS GASIPAES KUNTH</i>)	5
2.4 -	TECA (<i>TECTONA GRANDIS</i>)	5
2.5 -	PAINÉIS AGLOMERADOS	6
2.6 -	CHAPAS DE PARTÍCULAS HOMOGÊNEAS	8
2.7-	BICOMPONENTE DERIVADO DO ÓLEO DE MAMONA	9
3	MATERIAIS E MÉTODOS	10
3.1 -	MATERIAIS UTILIZADOS	10
3.2 -	NBR 14810 (2013)	10
3.2.1 -	Requisitos para Painéis Estruturais para uso em condições secas (TIPO P4)	11
3.2.2.	Plano de Corte e Preparação dos Corpos de Prova	11
3.3	PREPARAÇÃO DAS PARTÍCULAS	13
3.4 –	PRODUÇÃO DOS PAINÉIS AGLOMERADOS DE MÉDIA DENSIDADE	18
3.5 -	PRENSAGEM DO COLCHÃO	20
3.6-	ENSAIOS DE VERIFICAÇÃO DAS PROPRIEDADES DA MADEIRA	22
3.6.1 –	Propriedades Físicas da Madeira	22
3.6.2 -	Propriedades Mecânicas da Madeira	27
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	40
4.1	ANÁLISE ESTATÍSTICA	40
4.2-	RESULTADOS DA AVALIAÇÃO DOS ENSAIOS MECÂNICOS	40
4.2.1-	Resultados do Ensaio de Resistência a Flexão e Módulo de Elasticidade (MOR)	41
4.2.2-	Ensaio de tração superficial	44
4.2.3-	Ensaio de tração perpendicular	46
4.2.4-	Ensaio de arrancamento de parafuso	47
4.2.5-	Ensaio de dureza Janka	51
4.3-	RESULTADOS DA AVALIAÇÃO DOS ENSAIOS FÍSICOS	52
4.3.1-	Ensaio de densidade	52

4.3.2- Ensaio de teor de umidade	54
4.3.3- Ensaio de Absorção	55
4.3.4- Inchamento em Espessura.....	57
4.4- TESTE DE TUKEY	58
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	59
5.1- TRABALHOS FUTUROS.....	60
6 REFERENCIAS	61
7 APÊNDICES	65

1 INTRODUÇÃO

Nas duas últimas décadas, grandes investimentos têm sido empreendidos nas indústrias do setor de painéis reconstituídos de madeira (IWAKIRI, 2012). No Brasil, as indústrias de painéis aglomerados consomem um volume significativo de madeiras provenientes de florestas plantadas de Pinus e algumas espécies de Eucalipto, sendo necessário, para suprir a alta demanda, um aumento da área de plantio, ou até mesmo a procura por diferentes espécies de matéria prima que atendam de maneira qualitativa e quantitativamente estes painéis, suprimindo as necessidades do mercado consumidor (IWAKIRI, 2004). A fim de encontrar novas espécies para a produção de painéis aglomerados, pesquisadores buscam, através de estudos, espécies que satisfaçam de maneira significativa as propriedades determinadas pelas normas NBR 14810-2 (2013) e ANSI A208 (1999).

A busca por novas composições para os painéis de madeira, objetivam também a viabilidade sustentável e uma classificação destaque nas pesquisas são os painéis aglomerados. Os painéis aglomerados são caracterizados por apresentarem pequenas partículas secas de madeira, fixadas com adesivos sintéticos termofixos e distribuídas aleatoriamente entre si, além de prensadas sob calor e pressão, gerando um painel particulado (MOSLEMI, 1974; TSOUMIS, 1991, *apud* MARTINS, 2014). As propriedades desejadas para estes painéis, ocorrem devido a escolha de matéria prima, sendo a Teca (*Tectona Grandis*) um material consagrado na confecção de painéis, por ser uma árvore de grande porte, nativa das florestas tropicais, cultivada desde o século XVIII, quando os britânicos demandavam grandes quantidades de madeira para a construção naval. A Teca é mundialmente conhecida pela qualidade de sua madeira, bem como pela sua rusticidade, tendo como principais finalidades construção naval, laminação e compensados, lenha e carvão vegetal, apresentando boa resistência a peso, tração, flexão e com alta resistência a variação de umidade no ambiente (ANGELI, 2003).

Outro material interessante na produção de painéis aglomerados é a Pupunha (*Bactris Gasipaes Kunth*), um material que apresenta grande descarte de matéria após a retirada de insumo, com grande quantidade de resíduos gerados, além de apresentar como suas principais propriedades, a durabilidade natural, sendo um aspecto importante considerando os dados da resistência ou da susceptibilidade da

madeira aos organismos xilófagos. Essa característica é altamente relevante quando se trata da aplicabilidade da madeira em ambiente interno e externo (JESUS; ABREU, 2002). A palmeira Pupunha, além de suas características e condições favoráveis, apresentam também um cultivo em quantidades significativas no Brasil central, para a produção de palmito e farinha para consumo humano, e com isso, a geração de grande quantidade de subprodutos na sua industrialização (SOUZA E BOIN, 2003, (Apud VALARELLI, 2016)). Com essa produção em grande escala de resíduos e com a crescente preocupação na produção de materiais com matérias de cunho sustentável, a Pupunha se torna cada vez mais um material destaque a ser trabalhado. Com isto, muitos pesquisadores estão se utilizando de tecnologias ambientais para a produção de produtos inovadores, que possam substituir uma determinada aplicabilidade de maneira eficiente, com características físicas e mecânicas que atendam aos valores propostos pela norma, sem desrespeitar o foco ambientalmente.

O presente projeto de pesquisa apresenta um estudo teórico/experimental, utilizando o método proposto pela NBR 14810-2 (2013) e ANSI A208 (1999) para a criação de painéis de média densidade ($0,75 \text{ g/cm}^3$) apresentando como objetivo principal a caracterização das propriedades físicas e mecânicas dos painéis de Teca com adição de Pupunha e a criação de um novo produto, como alternativa sustentável, a partir do aproveitamento de resíduos para a produção de painéis aglomerados, além de analisar através dos resultados as possíveis aplicações desta nova composição para o setor da construção civil, almejando um painel inovador, que apresente boas características e propriedades.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1- MADEIRA NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A madeira é um material muito antigo na utilização das construções e com o consumo desenfreado e de maneira errônea, surgiu-se a preocupação explícita com o meio ambiente e dessa forma a busca por meios sustentáveis. Com o uso constante de recursos naturais, a fim de atender as necessidades do mercado consumidor, tornou-se cada vez mais ascendente a busca por utilização de recursos sustentáveis, e aproveitamento de resíduos.

A madeira é um material destaque na construção civil sendo indispensável por suas diversas aplicações neste setor, seja em fôrmas, estruturas, escoramentos, esquadrias, pisos, forros, revestimentos até a mobília final (ARAUJO, 2014) com o intuito de atender de maneira sustentável, minimizando os impactos ambientais causados pela construção civil. A escolha da aplicação dos painéis aglomerados de madeira dependem da sua qualidade e propriedades, ou seja, podendo ser de função estrutural, quando apresenta boas propriedades mecânicas, painéis de uso interno ou até mesmo painéis em ambientes que entram em contato com a água, desde que apresentem boas propriedades físicas e o tratamento adequado para a aplicação.

Outra consideração importante é a escolha da matéria prima do painel, buscando atender as necessidades da construção a determinação da espécie utilizada na confecção dos painéis levam em consideração as características e propriedades dos produtos, além da disponibilidade, impacto ambiental na extração, transporte, utilização e demolição, eficiência na energia embutida, durabilidade, manutenção, reutilização, reciclabilidade e os aspectos humanos, buscando alternativas tecnológicas mais adaptadas ecológica e socialmente à realidade regional (ARAUJO, 2014).

A engenharia civil vem aderindo cada vez mais esse conceito de construção sustentável, buscando meios que não gerem danos ao ambiente ou que os reduzam. Os resíduos de madeira podem ser aplicados na confecção de painéis aglomerados, ou seja, produção de chapas de partículas e fibras, com o intuito de melhorar o aproveitamento de madeiras menos nobres e resíduos (LIMA, SILVA, 2005). É importante ressaltar que as propriedades dos painéis aglomerados, e a eficiência, dependem do tamanho das partículas utilizadas, que devem ser adequadas para o

processo. Considerando que a madeira Pupunha apresenta um elevado grau de descarte de matéria prima, e o objetivo é o cultivo do palmito Pupunha após a extração, gera-se grande quantidade de resíduos de biomassa, tornando-se um produto de destaque ecológico aos pesquisadores, que buscam uma aplicação efetiva e eficiente.

2.2- SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Na vida moderna, os setores da economia, de maneira geral, dependem de um fluxo constante de materiais, formando um ciclo, que inicia na extração de matérias-primas naturais, e seguem em sucessivas etapas de transformações industriais, transporte, montagem, manutenção e desmontagem final (ARAUJO, 2014).

Com o crescimento da população, os setores econômicos passaram a demandar ainda mais em quantidade de matéria prima, esgotando recursos necessários para a vida e não renováveis. Um setor que trouxe grandes consequências, quando relacionado ao esgotamento dos recursos naturais foi a engenharia civil, pois através da grande necessidade de novas construções, ampliação da infraestrutura, hospitais, escolas e urbanização, o prejuízo ambiental se agravou ainda mais.

Buscando atender as necessidades da sociedade e mercado consumidor, surgiu-se o termo “sustentabilidade na construção civil”, como um desafio para a engenharia moderna, ou seja, utilizar-se de meios que minimizassem os impactos ambientais, potencializassem a viabilidade econômica e ainda proporcionassem uma boa qualidade de vida para a sociedade e para as gerações futuras desta forma, a definição e implementação do conceito de construção sustentável surgiu através de um movimento internacional nos países desenvolvidos, países estes envolvidos na reflexão sobre desenvolvimento sustentável e levando em conta os impactos causados pela construção civil em todas as suas fases (NETO; ALCÂNTARA, 2015).

Na busca por respostas sustentáveis, o setor produtivo passou a considerar todas as fases envolvidas no processo de construção, ou seja, o projeto, até a fase final do processo construtivo, seguindo a linha da sustentabilidade, buscando processos e produtos que minimizassem os impactos ambientais. Algumas das ações implementadas para a construção civil sustentável foi aproveitamento de resíduos na

construção, criação de novos materiais com perfil sustentável e que atendam as condições exigidas por norma, aproveitamento da iluminação natural, reuso de água, aplicação de áreas verdes, até mesmo em telhados, entre outros, contribuindo de maneira significativa para o meio ambiente.

2.3- PUPUNHA (*BACTRIS GASIPAES KUNTH*)

A Pupunha (*Bactris gasipaes Kunth*) é uma palmeira originária da Região Amazônica, domesticada e disseminada nesta região e na América Central por povos indígenas (CHAIMSOHN, 2000). É classificada como uma espécie de elevado potencial econômico, pois além de apresentar um alto valor nutritivo de seus frutos, tanto animal quando na alimentação humana, produz ainda o palmito (MORAES, 2011).

“Nos últimos anos, a espécie vem sendo cultivada para a produção de palmito nos Estados da Bahia, Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo, Santa Catarina e Paraná” (NEVES et. al., 2005). A demanda pelo uso de Pupunha deu-se em virtude das vantagens da espécie quando comparado a outras palmeiras, tais como precocidade de corte, plasticidade genética, perfilhamento abundante, boa palatabilidade, ausência de oxidação do palmito produzido (escurecimento) e alta produtividade (NEVES et. al., 2005).

De acordo com Palmitos Rosolen (2010), o resíduo gerado na indústria, após o recebimento e o descascamento da haste da Pupunha, chega a aproximadamente 3,5 kg. O resíduo é gerado devido ao fato de que na lavoura é retirada apenas a parte que se destina ao envase do palmito, e dependendo da data de corte da lavoura, o descarte pode ser ainda maior, pois se houver atraso nesse corte, a parte mais dura, que fica na extremidade de baixo, terá um estipe maior (PALMITOS ROSOLEN, 2010). O aumento da produção, conseqüentemente gera um aumento de resíduos, sendo assim, existe uma grande necessidade de destinação correta.

2.4 - TECA (*TECTONA GRANDIS*)

“A *Tectona grandis*, popularmente conhecida como Teca, é uma árvore de grande porte, nativa das florestas tropicais situadas entre 10° e 25° N no

subcontinente Índico e no sudeste asiático, principalmente na Índia, Burma, Tailândia, Laos, Camboja, Vietnã e Java” (ANGELI, 2003). É uma espécie de alta adaptabilidade com dispersão vertical entre 0 e 1300 m acima do nível do mar, devido a sua dispersão geográfica e à variedade de ambientes onde ocorre naturalmente (ANGELI, 2003).

No Brasil, devido às condições climáticas adequadas para o desenvolvimento da Teca, as taxas de crescimento são superiores às dos plantios da maioria dos países produtores, obtendo madeira de dimensões comerciais em ciclos de 20 a 25 anos, os quais estimulam a implantação de plantios comerciais da espécie no país (FLOREZ, 2012). Mato Grosso, é o estado que apresenta em maioria a plantação de Teca, visto que apresenta condições ambientais adequadas para o pleno desenvolvimento da Teca, proporcionando taxas de crescimento superiores às dos plantios da maioria dos países produtores dessa madeira, e esta preferência origina-se a partir das suas características tecnológicas e estéticas, que possui grande importância e valor nos mercados nacional e internacional (PASSOS; JUNIOR; GONÇALVES, 2006).

O que torna a Teca reconhecida como uma das espécies florestais mais importantes do mundo são suas propriedades, tais como, resistência mecânica, serragem e beneficiamento, características de acabamento, o que as tornam mais valiosas para exportação, facilidade de secagem e por fim resistência natural ao ataque de insetos (MATRICARDI, 1989).

2.5 - PAINÉIS AGLOMERADOS

Os Painéis aglomerados (*Particleboard*) são compostos de partículas de madeira ligadas entre si por resinas sintéticas, sob ação de pressão e temperatura, a resina polimeriza, garantem a estabilidade do conjunto. Estes painéis de madeira reconstituída podem ser divididos em: HDF (*High Density Fiberboard*) – chapas de alta densidade, *Hardboard* – chapas de fibras duras, MDF (*Médium Density Fiberboard*) – Painéis de fibra de média densidade e o MDP ou Aglomerado (*Médium Density Particleboard*) – painéis de partículas de média densidade (ABIPA, 2014).

Os Painéis Aglomerados utilizando-se da norma, são classificados conforme sua densidade, natureza do adesivo, geometria de partículas e tratamento superficial. No Brasil, essas chapas apresentam densidade média (de 551 kg/m³ a 750 kg/m³), sendo

compostas por camadas de partículas de geometria variável e sem nenhum tratamento superficial (ABIMCI, 2009). Para a fabricação desses painéis, a tora é descascada e picada, e após esse processo as partículas são submetidas a um processo de secagem, passando por um sistema de classificação das granulometrias e pesagem para aplicação do adesivo. Após o processo de classificação é formado um colchão quando são despejadas sobre a esteira sem qualquer orientação. Antes da sequência de acabamento, é feita uma pré-prensagem a frio e uma a quente para posterior acondicionamento, esquadrejamento, lixamento e classificação (ABIMCI, 2009).

No ano de 1940, num cenário de escassez de madeira com características compatíveis com a produção dos compensados, surgiu o desenvolvimento de painéis de madeira aglomerada, como forma de empregar os resíduos madeireiros disponíveis (IWAKIRI, 2005).

“No mundo, 50% das indústrias deste produto empregam madeira de coníferas como matéria-prima principal, e outras empregam mais de uma espécie de madeira em suas linhas de produção” (BNDES, 2002, apud MACIEL, 2004).

“A produção de painéis aglomerados se constituiu numa alternativa para o melhor aproveitamento dos vários resíduos produzidos atualmente pelas diversas atividades econômicas mundiais sendo eles de origem lignocelulósica ou inorgânica” (MACEDO, et. al., 2015). Alguns pesquisadores tiveram resultados satisfatórios na produção de Painéis de madeira aglomerados, dentre eles, Fiorelli et. al. (2012) obtiveram bom desempenho estrutural para sistema de coberturas pré-fabricadas em madeira, painéis aglomerados e telha reciclada destinada à aplicação em construções rurais. Sartori et. al. (2012) desenvolveram painéis aglomerados de madeira de reflorestamento e Gatani et. al. (2013) desenvolveram painéis aglomerados de grande potencialidade na aplicação de ambientes externos, revestimento superficial de residências, construções agrícolas, setor moveleiro e decorativo, produzidos através da casca de amendoim (MACEDO, et. al., 2015).

Neste contexto, as principais aplicações do aglomerado são os móveis (encostos, assentos, portas, mesas de fundo de gaveta e armário, estantes, camas, carteiras escolares, móveis de cozinha e escritório) e outros. Alguns tipos de aglomerados vêm com a base preparada para receber pintura, outros se apresentam como folhados de madeira ou revestimentos à base de melanina ou vinil (ABIMCI, 2009).

Em relação às partículas, não existem restrições quanto ao tipo de espécie de madeira utilizada, podendo ser aproveitados resíduos industriais ou de exploração florestal, madeiras de baixa qualidade, sem utilidade ou não industrializáveis, desde que a madeira atenda aos requisitos de boa densidade para a construção do painel, e o adesivo tenha compatibilidade com a permeabilidade da espécie escolhida (LACOMBE, 2015). De maneira geral, quando comparados com madeira serrada, os aglomerados apresentam algumas vantagens, visto que minimizam os efeitos da anisotropia, uniformidade das propriedades físico-mecânicas no painel, eliminação de defeitos naturais da madeira, além de apresentarem uma menor exigência em termos de qualidade da matéria-prima, possibilitando uso de resíduos provenientes de outras fontes de processamento (MALONEY, 1993).

2.6 - CHAPAS DE PARTÍCULAS HOMOGÊNEAS

No ano de 1940, as partículas de madeira originadas de resíduos obtidos com o auxílio de moinhos, formavam lascas grossas que eram utilizadas para produção de painéis de partículas. A primeira produção de chapas de partículas de madeira aconteceu na Alemanha, devido à escassez de madeira maciça durante a II Guerra Mundial (JOSÉ, 2006). Em 1946, passou-se a ter um foco maior na qualidade das chapas de madeira, pois a indústria aeronáutica mostrou interesse na utilização e, dessa forma, iniciou-se a preocupação com suas características, tais como, controle de espessura, tipo de adesivo mais adequado, avaliação da densidade e da resistência das chapas (JOSÉ, 2006). A partir daí, gerou-se nova utilização das chapas como divisórias e cogitou-se na sua aplicação na face externa de residências e de construções comerciais.

De acordo com BNDES (2002), na década de 70 houve no Brasil um aumento considerável, na produção de chapas de partículas aglomeradas. Esse aumento partiu do incentivo dado pelo CDI (Conselho de Desenvolvimento Industrial do Ministério da Indústria e do Comércio). “Nos últimos anos, o rendimento da matéria-prima nas serrarias tem-se caracterizado por ser relativamente baixo, aumentando o volume dos resíduos produzidos, o que ocasiona uma forte tendência do uso destes mesmos e de madeiras de inferior qualidade para a produção de chapas aglomeradas” (DACOSTA, et. al. 2005). Dessa forma, a produção de painéis de partículas tem como objetivo

aproveitar resíduos da indústria madeireira e toras de pequeno diâmetro que não são utilizados em serrarias e laminadoras (Galvão, 2000, apud Dacosta, et. al. 2005).

2.7- BICOMPONENTE DERIVADO DO ÓLEO DE MAMONA

O adesivo foi criado em 1690 na Holanda para fins comerciais, a primeira fábrica de adesivos à base de caseína começaram a ser manufaturados na Alemanha e na Suíça por volta do início do século XIX (PIZZI; MITTAL, 2003). Segundo Roffael, (1982) as resinas tradicionalmente utilizadas nas indústrias de painéis aglomerados foram as fenólicas e uréicas, ambas obtidas pela condensação de formaldeído com fenol ou ureia, respectivamente, mas com a preocupação quanto a preservação do meio ambiente e a sustentabilidade, passou a existir uma tendência mundial na utilização e procura por materiais biodegradáveis, e não poluentes derivados de biomassa.

Uma alternativa oriunda de recurso natural e renovável é o adesivo à base de óleo de mamona “Conhecido internacionalmente como “Castor Oil” e no Brasil por Caturra, a mamona (*Rícinos Communis*) é uma planta da família das euforbiáceas, de onde é extraído o óleo de mamona, também conhecido como óleo de rícino. É facilmente encontrada na maioria das regiões do país, principalmente no estado nativo”. (LAHR, 2013).

O adesivo à base de óleo de mamona é classificado como impermeável e apresenta a característica de não agressividade ao meio ambiente e aos humano. “A partir deste recurso natural e renovável, é possível sintetizar polióis e prepolímeros com diferentes características que, quando misturados, dão origem a um poliuretano”. O adesivo poliuretano à base de mamona ganha destaque em relação a outros polímeros, visto que são originários de matéria-prima natural e renovável e apresentam preços razoáveis dos di-isocianatos disponíveis no país (LAHR, 2013).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O material utilizado e os procedimentos experimentais deste trabalho estão descritos segundo a norma NBR 14810 (2013) e como parâmetro para alguns ensaios a ANSI A208 (1999).

3.1 - MATERIAIS UTILIZADOS

Foram utilizados os equipamentos instalados no laboratório de Madeira e Processamento de Madeiras da UNESP/FEB e a matéria prima utilizada foi a Teca e Pupunha com as quantidades definidas na seção 3.3, e para o desenvolvimento dos ensaios foram utilizados:

- “Resina PU derivada do óleo de mamona” (Poliól, Isocianato aromático);
- Triturador Lippel – metal mecânica (220V);
- Estufa MARCONI;
- Agitador elétrico (BERTEL Industria Metalúrgica LTDA) com conjunto de 3 peneiras em aço galvanizado com dimensões de 50x50x10cm;
- Prensa hidráulica marca PHS Máquinas Hidráulicas LTDA;
- Micrômetro;
- Paquímetro;
- Balança de precisão;
- Dispositivo metálico circular;
- Máquina Universal de ensaios, fabricante EMIC, com capacidade de 300kN;
- Blocos metálicos;
- Parafusos com as dimensões especificados na norma NBR 14810-2 (2013).

3.2 - NBR 14810 (2013)

A norma NBR 14810 define os termos usualmente empregados na especificação, execução de ensaios, comercialização e utilização de painéis de partículas de média densidade. Esta NBR é dividida em duas partes, sendo Parte 1:

terminologia, e a Parte 2: Requisitos e Métodos de Ensaio para Painéis de Média densidade.

3.2.1 - Requisitos para Painéis Estruturais para uso em condições secas (TIPO P4)

A norma ABNT 14810 (2013), define como painéis de partículas de média densidade quando se encontra valores compreendidos entre 551Kg/m³ e 750Kg/m³, constituídos de partículas de madeira, aglutinadas com resina sintética termofixa, que se consolidam sob a ação conjunta de calor e pressão.

Os painéis de partículas de média densidade são classificados em seis grupos, mas para a produção dos painéis do presente trabalho foi utilizado a condição P4 – Painéis Estruturais para uso em condições secas. Os requisitos para estes painéis se encontram especificados na Tabela 1.

Tabela 1 – Painéis estruturais para uso em condições secas (Tipo P4): Requisitos para propriedades mecânicas e inchamento.

Propriedades	Métodos de ensaio	Unidade	Requisitos, por faixa de espessura nominal									
			mm									
			< 3	3 a 4	> 4 a 6	> 6 a 10	> 10 a 13	> 13 a 20	> 20 a 25	> 25 a 32	> 32 a 40	> 40
Inchamento durante 24 h	Anexo L	%	25	25	21	19	16	15	15	15	14	14
Resistência à tração perpendicular	Anexo J	N/mm ²	0,50	0,45	0,45	0,40	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20	0,20
Resistência à flexão estática	Anexo K		14	15	16	16	16	15	13	11	9	7
Módulo de elasticidade			1 800	1 950	2 200	2 300	2 300	2 300	2 050	1 850	1 500	1 200

Fonte: NBR 14810-2 (2013).

Para os painéis do tipo P4, a Tabela representa os requisitos conforme a espessura do painel, sendo considerado para este trabalho uma espessura de >10 a 13mm.

3.2.2. Plano de Corte e Preparação dos Corpos de Prova

A norma 14810-2 (ABNT, 2013) define o plano de corte e a preparação dos corpos de prova para os ensaios em painéis de partículas de média densidade. Na

Tabela 2 são apresentadas as dimensões e a quantidade de corpos de provas a extrair de painéis de partícula de média densidade, para realização dos ensaios.

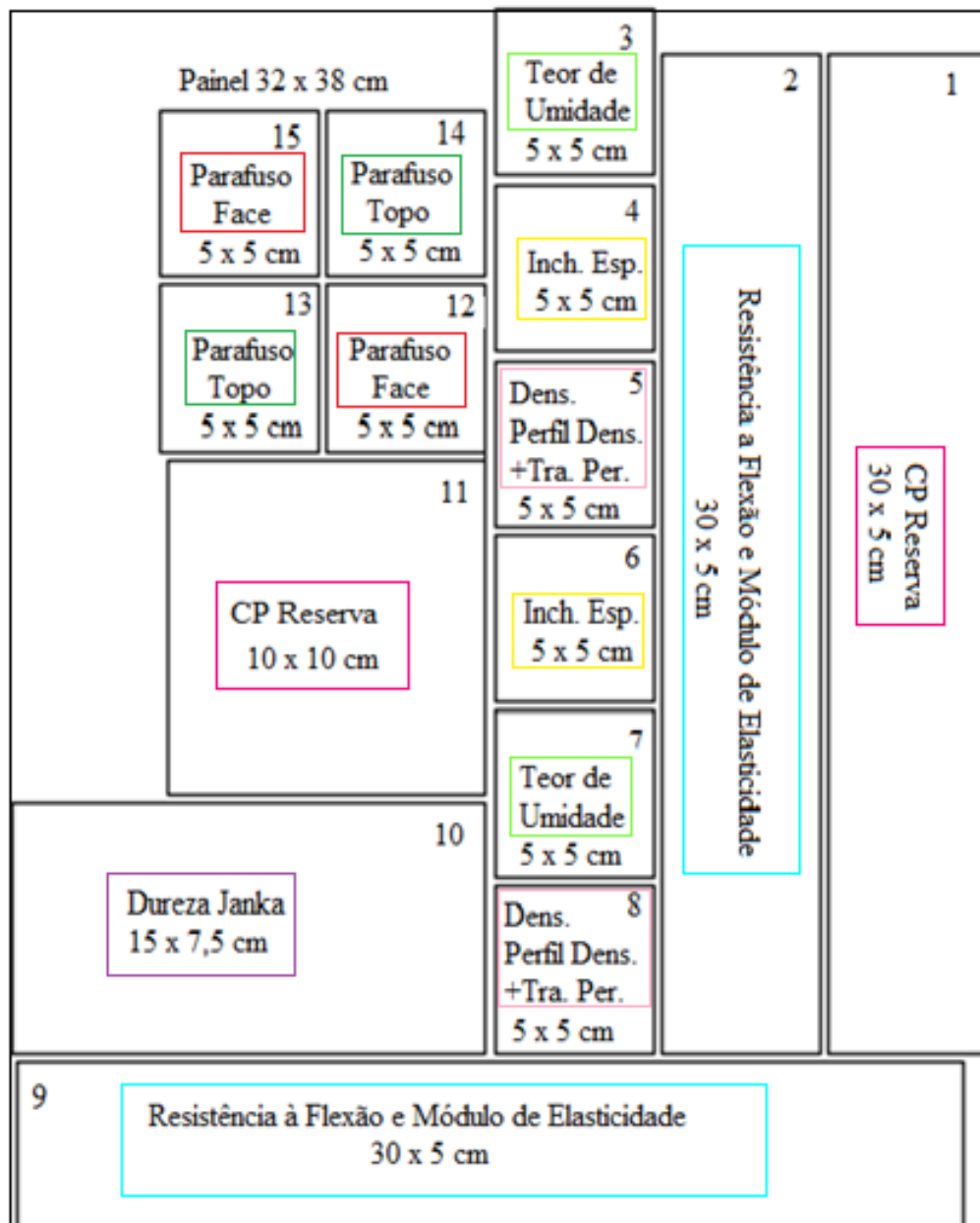
Tabela 2 – Dimensões e quantidades de corpos de prova para a realização de ensaios.

Propriedades	Comprimento mm	Largura mm	Quantidade de corpos de prova	Notas
Teor de umidade	50	50	10	1
Densidade	50	50	10	–
Teor de formaldeído – método <i>perforator</i>	25	25	–	2 e 3
Teor de formaldeído – método <i>gas analysis</i>	400	50	3	3
Resistência à tração perpendicular	50	50	10	–
Resistência à flexão estática e módulo de elasticidade	20 × espessura + 50	50	10	4 e 5
Resistência à tração superficial	50	50	10	–
Inchamento durante 24 h	50	50	10	–
Pode ser realizado o condicionamento desses corpos de prova em sala climatizada ou câmara climática. A amostra, formada por corpos de prova de 25 mm × 25 mm × espessura, pode apresentar no mínimo 500 g de massa. Os corpos de prova devem ser retirados uniformemente ao longo do painel, excluindo-se 500 mm da borda de cada extremidade do painel. Obter metade dos corpos de prova na direção transversal e metade na direção longitudinal dos painéis. Para painéis com espessura menor ou igual a 5 mm, o comprimento do corpo de prova é fixo em 150 mm e, para painéis com espessura maior ou igual a 22 mm, o comprimento do corpo de prova é fixo em 500 mm.				

Fonte: NBR 14810-2 (2013)

Para cada tipo de ensaio são especificadas as dimensões dos corpos de prova a serem retirados das chapas, e através das informações apresentadas na Tabela 2 foi possível desenvolver na figura 1 o croqui de cortes das chapas para desenvolvimento dos ensaios.

Figura 1: Modelo do plano do desenvolvimento de corte conforme norma NBR 14810-2 (2013).



Fonte: Autoria Própria.

3.3 PREPARAÇÃO DAS PARTÍCULAS

Os painéis foram confeccionados utilizando como matéria prima a Teca e a Pupunha. A madeira Teca foi obtida através do descarte da mesma na FEB - Bauru (figura 2).

Figura 2: Retirada da Teca (Unesp Bauru – SP) a) Galhos de Teca antes da moagem; b) Teca após a moagem.



Fonte: Autora

A Pupunha uma palmeira pouco utilizada, geralmente descartada após retirada do palmito, foi colhida em uma Fazenda localizada na cidade de Torrinha-SP, descartada após a retirada do palmito (figura 3).

Figura 3: Retirada da Pupunha (Torrinha – SP) a) Pupunha sendo retirada; b) Pupunha após o corte do tronco.



Fonte: Autora

As partículas de Teca e Pupunha foram obtidas no Triturador e na sequência foram secas em estufa por duas semanas a uma temperatura de 70 °C no Departamento de Engenharia Mecânica no campus da Universidade Estadual Paulista

(Unesp) de Bauru-SP. As partículas foram classificadas em um agitador elétrico com conjunto de 3 peneiras em aço galvanizado como ilustra a Figura 4, com dimensões de 50x50x10 cm, para segregação das partículas, tendo o referido conjunto a malha superior ASTM 10 (9 Mesh), abertura de 2,00 mm/ μ m, logo abaixo malha ASTM 18 (16 Mesh) com abertura de 1,00 mm/ μ m, e a terceira malha ASTM 20 (20 Mesh), e abertura de 850 mm/ μ m.

Figura 4: Agitador Mecânico (Unesp Bauru – SP)



Fonte: Autora

O conjunto conta com uma base em chapa galvanizada, totalmente fechada para retenção das partículas finas que passaram pelas três malhas acima descritas, separando-as por granulometria (figura 5).

Figura 5: Separação das Partículas por Granulometria (Unesp Bauru – SP)



Fonte: Autora

Foram utilizados para confecção dos painéis as aberturas de 1,00 mm/ μ m (16 Mesh) e 2 mm/ μ m (9 Mesh) em uma proporção de 50% de cada granulometria. As amostras foram compostas com uma massa de 1158,24 g de particulados, prensados com densidade alvo de 0,75 g/cm³ (painel de média densidade) e 12% de adesivo, referente ao peso total de material seco para os painéis de Teca e Pupunha, resultando em 138,99 g deste por unidade. O adesivo utilizado para o processo de encolamento das partículas foi a resina “PU – Bicomponente” ou seja, nome comercial de “Resina PU derivada do óleo de mamona”, com uma composição recomendada de 1 parte de Poliól e 1 parte de Isocianato aromático (Figura 6).

Figura 6: Bicomponente de óleo de Mamona a)Poliól b)IsocianatoI



Fonte: Autora

Na Figura 7 é possível visualizar o adesivo sendo pesado na quantidade suficiente para confecção de uma chapa.

Figura 7: Proporção do Bicomponente de Mamona – 1:1 a) Poliól; b) Isocianato.



Fonte: Autora

As características dos adesivos utilizados nos tratamentos estão descritas na Tabela 3.

Tabela 3 – Características dos Adesivos

Componente	Nome (Comercial)	Densidade (25°)	Viscosidade (25°)	Temp. de Armaz. (°C)	Validade	Aparência
Adesivo Mamona (Poliol) B	KEHLFIX® AG201 B	1,24g/cm ³	3000 cP	15-35 °C	6 meses	Amarelo
Adesivo Mamona (Isocianato)-A	KEHLFIX® AG201 A	1,18g/cm ³	196 cPs	15-45 °C	12 meses	Castanho, Líquido

Fonte: Autora

A classificação utilização para fabricação dos painéis foi a P4 (painéis estruturais para uso em condições secas), com o objetivo de gerar boas propriedades físicas e mecânicas, apresentando um novo tipo de material, com uma ampla gama de aplicações, além de ter como foco o papel “sustentável”, visto que a madeira de Pupunha não apresenta muitas aplicações após o aproveitamento do insumo.

Foram confeccionados quatro tratamentos para as partículas, os tratamentos foram definidos como T1 (100% Teca), T2 (90% Teca + 10% Pupunha), T3 (80% Teca

+ 20% Pupunha) e T4 (70% Teca + 30% Pupunha), no qual foram utilizadas as granulometrias de 9 e 16 Mesh. As composições para cada tratamento estão descritas na Tabela 4.

Tabela 4 – Composições dos Tratamentos Analisados

Tratamento	Partículas de Teca			Partículas de Pupunha			Adesivo Mamona (Poliol) B		Adesivo Mamona (Isocianato)-A	
	%	grs		%	grs		%	grs	%	grs
		9 mesh	16 mesh		9 mesh	16 mesh				
T1	100	579,12	579,12	-	-	-	6%	69,50	6%	69,50
T2	90	521,21	521,21	10	57,91	57,91	6%	69,50	6%	69,50
T3	80	463,3	463,3	20	115,83	115,83	6%	69,50	6%	69,50
T4	70	405,39	405,39	30	173,74	173,74	6%	69,50	6%	69,50

Fonte: Autora

Através da Tabela é possível verificar as composições em porcentagens e em gramas, tanto para as matérias primas de Teca e Pupunha, quando para os adesivos que foram utilizados.

3.4 – PRODUÇÃO DOS PAINÉIS AGLOMERADOS DE MÉDIA DENSIDADE

As dimensões dos painéis de média densidade foi de 32x38x1,27 cm e massa de 1158,24 g. Após a trituração e secagem, o material já separado por granulometrias foi pesado, utilizando uma composição de 50% de partículas com granulometria de 9 Mesh e 50% de partículas com 16 Mesh, sendo para o primeiro tratamento (T1) de composição 100% Teca, 579,12 g (9 Mesh) + 579,12 g (16 Mesh), conforme apresentado na Tabela 4.

Após a pesagem do material, o material foi acondicionado em um recipiente, para posterior mistura da resina. Os dois componentes da resina foram adicionados e misturados manualmente, e em seguida adicionados às partículas, sem que o processo de endurecimento dificultasse a trabalhabilidade e a homogeneização da massa. Todo o processo foi realizado considerando o tempo de cura, evitando danificar o painel. A mistura entre a resina e as partículas também foi manual (Figura

8), o processo foi repetido para cada traço de painel, sendo consideradas 5 amostras por traço.

Figura 8: Mistura entre a Resina e as Partículas a) Resina e Partículas separados e pesados antes da mistura; b) Mistura manual entre Resina e Partículas.



Fonte: Autora

Após a mistura, o material foi prensado a frio para acomodação das partículas e eliminação do ar residual, conferindo consistência e estabilidade.

Antes da pré-prensagem foi colocada uma placa de metal como base (Figura 9), o aro de metal, para limitação da dimensão e principalmente da espessura do colchão, visto que a classificação trabalhada foi de espessura >10 a 13mm , na sequência, foi adicionado o papel alumínio como desmoldante, e por fim, antes de inserir as partículas, foi colocado o encaixe de madeira para limitações do colchão, a partir desta etapa o material foi distribuído manualmente de maneira uniforme, a fim de formar um painel homogêneo.

Para que fosse possível realizar a pré-prensagem, uma tampa foi adicionada para que na sequência o colchão fosse pressionado pelo dispositivo de madeira adaptado com alavanca (Figura 9d).

Figura 9: Etapas da Pré- Prensagem à Frio a) Aro e placa de metal para colocação do material a ser prensado; b) caixa de madeira para colocação do material; c) montagem de colchão para pré prensagem; d) Pré prensagem para formação do colchão.



Fonte: Autora

Após a pré-prensagem o contorno de madeira foi retirado, e a placa de metal juntamente com o colchão formado foram levados para a prensa hidráulica.

3.5 - PRENSAGEM DO COLCHÃO

A prensagem tem a função compactar os painéis, pelo processo de cura da resina, pressão e temperatura. O equipamento é uma prensa de 80 ton, com pratos de 60x60 cm, produzindo um painel com espessura de 12,7 mm (FIGURA 10). O

tempo de prensagem foi de 10 min sob pressão aproximada de 180 bar e temperatura dos pratos de 110 °C, conforme recomendação do fabricante.

Figura 10: Prensa Hidráulica PHS Máquinas Hidráulicas Ltda



Fonte: Autora

Foram produzidos 20 painéis, sendo cinco unidades para cada traço T1 (100% Teca), T2 (90% Teca + 10% Pupunha), T3 (80% Teca + 20% Pupunha) e T4 (70% Teca + 30% Pupunha), conforme Tabela 6. Após a prensagem, os painéis foram resfriados e desenformados, ou seja, retirada do aro de contorno (Figura 11).

Figura 11: Painéis após prensagem a) painel com aro após a prensagem da peça; b) painel retirado da prensa hidráulica, sendo levado para retirada do aro.



Fonte: Autora

Após o processo de desenforma e esfriamento, os painéis passaram por um processo de lixamento (Figura 12).

Figura 12: Lixamento dos Painéis



Fonte: Autora

Na sequência os painéis foram cortados nas dimensões dos corpos de prova determinados e apresentados no croqui (Figura 1) seguindo as determinações da norma NBR 14810-2 (2013).

3.6- ENSAIOS DE VERIFICAÇÃO DAS PROPRIEDADES DA MADEIRA

As propriedades físicas e mecânicas da madeira são extremamente importantes para suas aplicações. Considerando os aspectos econômicos, estéticos, durabilidade, trabalhabilidade, as madeiras são agrupadas e classificadas conforme o uso que será aplicado, ou seja, estruturas, ambientes externos ou internos e moveis.

3.6.1 – Propriedades Físicas da Madeira

“Conhecer as propriedades físicas da madeira é de grande importância porque estas propriedades podem influenciar significativamente no desempenho e resistência da madeira utilizada estruturalmente” (CALIL JUNIOR, C. et. al., 1998). Os fatores que influenciam nas características físicas da madeira são: classificação botânica, o solo e o clima da região de origem da árvore, fisiologia da árvore, anatomia do tecido lenhoso, variação da composição química, e devido a estes fatores, as propriedades da madeira oscilam apresentando uma ampla dispersão.

Estas propriedades são verificadas através de ensaios de laboratórios, dentre elas:

- Teor de Umidade;
- Densidade;
- Absorção de água e Inchamento em Espessura.

Foram considerados para ensaios físicos as condições apresentadas na norma NBR 14810-2 (2013) e ANSI A208 (1999)

3.6.1.1 Teor de Umidade

O teor de umidade da madeira está relacionado às propriedades mecânicas, com a trabalhabilidade, sua suscetibilidade a fungos e o poder calorífico do material. Dessa forma, se torna indispensável o controle do teor de umidade, visto que este, é um agente em destaque para o desenvolvimento de defeitos como empenamentos, arqueamentos, torções, entre outros. Isso ocorre porque muitas vezes a madeira é confeccionada antes de entrar em equilíbrio higroscópico com as variáveis do ambiente (MORESCHI, J. C. 2014a). Visto que a madeira é um material higroscópico, e define-se como a capacidade de liberar ou ceder umidade em forma de vapor, podem ocorrer alterações em função das diferenciações no teor de umidade, mas ao serem submetidas a condições constantes (temperatura e umidade relativa do ar) a madeira tende a atingir a umidade de equilíbrio (MENDES, et. al. 2010).

O teor de umidade e a densidade da madeira, atuam de maneira inversamente proporcionais, ou seja, quanto maior a quantidade de água, menor a quantidade dos outros elementos químicos da madeira – celulose, hemicelulose e lignina (FOELKEL et. al. 1971), e atua diretamente proporcional na resistência da madeira, ou seja, com o aumento do teor de umidade, observa-se uma redução em sua resistência mecânica. (LOGSDON, N. B., 1998).

“Na madeira a água apresenta-se de duas formas, como água livre contida nas cavidades das células (lumens), e como água impregnada contida nas paredes das células” (CALIL JUNIOR, C. et. al., 1998). Existe o ponto de saturação das fibras, que ocorre quando o teor de umidade das paredes celulares estão saturados com água, mas não apresentando água livre nas cavidades celulares, isso ocorre devido ao fato

da madeira úmida secar, e a água livre se separar mais rapidamente do que a água contida nas paredes celulares (RITTER, M. A. 1990).

Para determinar o teor de umidade, existem vários métodos, dentre eles: estufa, destilação, titulação e medidores elétricos tipo resistência e do tipo dielétricos. O método da estufa é mais simples, pois necessita apenas de uma estufa e balança de precisão. Seguindo as condições propostas pela norma, a amostra é pesada úmida, e depois levada a estufa à 103 ± 2 °C até sua secagem completa. Neste método, há necessidade de pesagens periódicas até a observância da massa constante, indicando a total remoção da água na condição de climatização utilizada. A madeira é pesada novamente, em seu estado seco (m_2) determina-se a massa da água removida ($m_1 - m_2$) para relacionar este valor com peso da madeira seca. (MORESCHI, J. C. 2014a).

O método de ensaio para a determinação do teor de umidade foi o método da estufa, utilizando-se de 10 corpos-de-prova de cada traço com dimensões 50x50 mm. As amostras foram pesadas, obtendo-se a massa úmida da amostra, denominada M_U . Após a pesagem, foram colocados em uma estufa a uma temperatura de 103 ± 2 ° C, e deixados até a retirada completa da água (14 dias). Os corpos de prova foram esfriados e pesados novamente, obtendo assim a Massa seca (M_S). O teor de umidade foi calculado utilizando a Equação 1 descrita abaixo.

$$U = \frac{M_U - M_S}{M_S} \times 100 \quad \text{Equação (1)}$$

Onde:

U = é o teor de umidade do corpo de prova, expresso em porcentagem (%);

M_U = é a massa úmida do corpo de prova, expressa em gramas (g);

M_S = é a massa seca do corpo de prova, expressa em gramas (g).

3.6.1.2 – Densidade

“A densidade é um importante fator na determinação das propriedades físicas e mecânicas que caracterizam diferentes espécies de madeiras, diferentes árvores de uma dada espécie e diferentes regiões de uma mesma árvore” (FOELKEL; BRASIL; BARRICHELO; 1971). A norma brasileira apresenta duas definições de densidade a serem utilizadas em estruturas de madeira. A primeira delas é a “Densidade Básica” da madeira definida como a massa específica convencional obtida pelo quociente da massa seca pelo volume saturado e pode ser utilizada para fins de comparação com

valores apresentados na literatura internacional. A segunda, definida como “Densidade Aparente”, determinada para uma umidade padrão de referência de 12%, pode ser utilizada para classificação da madeira e nos cálculos de estruturais (CALIL JUNIOR, C. et. al., 1998).

Através do plano de corte apresentado na Figura 3, foram obtidos 10 corpos de prova de dimensão de 50x50 mm para o ensaio de densidade, que foram extraídos da confecção de 5 painéis de cada traço. Estes foram numerados, medidos e pesados, conforme resultados apresentados nos anexos XVII, XVIII, XIX, XX. Para o ensaio de densidade, utilizou-se micrômetro, paquímetro e balança de precisão.

Os corpos de prova foram pesados inicialmente como massa úmida (g), e em seguida levados a estufa a uma temperatura de 103 ± 2 °C por 14 dias, até atingirem a umidade de equilíbrio, ou seja, não diferir mais de 0,1% em um intervalo de 24 horas. A Equação 2 foi utilizada para calcular a densidade de cada corpo de prova.

$$D = \frac{m}{V} \times 1.000.000 \text{ Equação (2)}$$

sendo:

$$V = b_1 \times b_2 \times e$$

onde:

D = densidade do corpo de prova, expressa em quilogramas por metro cúbico [kg/m³];

m = é a massa do corpo de prova, expressa em gramas [g];

V = é o volume do corpo de prova, expresso em milímetros cúbicos [mm³];

b₁ e b₂ = são as dimensões do corpo de prova, expressas em milímetros [mm];

e = é a espessura do corpo de prova, expresso em milímetros [mm].

Após a determinação da densidade dos corpos de prova, foi necessário verificar a variação percentual da densidade (D%) em relação a densidade média (Equação 3).

$$D\% = \frac{(D - D_{média})}{D_{média}} \times 100 \text{ Equação (3)}$$

A norma 14810-2 (ABNT, 2013) prescreve o método para determinação da densidade de painéis de partículas de média densidade. Os corpos de provas extraídos dos painéis de madeira, apresentam um dimensionamento de 50x50 mm, conforme exigido em norma. Os corpos de prova devem ser trabalhados em equilíbrio de umidade, sendo considerado equilíbrio quando os resultados de pesagem subsequentes, em 24 horas, não diferir mais de 0,1% da massa do corpo de prova.

3.6.1.3 - Absorção de água e Inchamento em Espessura

“De acordo com a nomenclatura das ciências químicas de superfície, absorção refere-se à aquisição de um líquido por meios mecânicos, por um sólido poroso, dentro de sua estrutura capilar grossa, provocada por forças de tensão superficial”. O fenômeno absorção ocorre em capilares suficientemente grandes e visíveis sem magnificação, encontrando-se acompanhado por uma redução limitada de pressão de vapor. Desta forma, a energia necessária para a evaporação do líquido absorvido é pouco maior que a energia necessária para evaporar o mesmo líquido de uma superfície externa e plana (MORESCHI, J. C. 2014b).

“À medida que a umidade relativa do ambiente aumenta, a madeira também tende a absorver mais umidade, podendo alcançar de 25 a 30% em um ambiente com 95% UR (Umidade Relativa)” (HENZ, G.P.; CARDOSO, F.B, 2005).

Para as partículas de média densidade, esse ensaio apresenta uma duração de 24 horas, utilizando-se de corpos de prova cortados nas dimensões de 50mm x 50 mm x 13 mm de espessura. As amostras foram pesadas e medidas antes da imersão, obtendo o valor da massa seca (M_0) e espessura seca (E_0).

Após a pesagem, as amostras foram colocadas um recipiente com água por 24 horas, e medidas, obtendo a massa saturada (M_1) e espessura saturada (E_1). Para obter a absorção de água e o inchamento em espessura, foram utilizadas as equações 4 e 5 respectivamente.

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

onde:

A= Absorção de Água, expressa em porcentagem [%];

M_0 = é a massa seca do corpo de prova (antes da imersão), expressa em gramas [g];

M_1 = é a massa saturada do corpo de prova (após a imersão), expressa em gramas [g].

$$I = \frac{E_1 - E_0}{E_0} \times 100 \quad \text{Equação (5)}$$

onde:

I= é o inchamento em espessura do corpo de prova, expresso em porcentagem [%];

E_0 = é a espessura do corpo de prova antes da imersão, expressa em milímetros [mm];

E_1 = é a espessura do corpo de prova após a imersão, expressa em milímetros [mm].

3.6.2 - Propriedades Mecânicas da Madeira

As propriedades mecânicas da madeira são influenciadas por diversos fatores, sendo os mais importantes a posição na árvore, a umidade, o tempo de duração da carga e a estrutura da madeira. O esforço que uma peça de madeira pode suportar é afetado de forma expressiva pela direção da carga aplicada em relação à direção das fibras ou traqueóides, à duração da carga, massa específica, teor de umidade e temperatura da madeira. Entre as principais propriedades mecânicas da madeira estão a resistência a esforços de compressão, flexão, tração, cisalhamento e fendilhamento (ARAUJO, H. J. B., 2002).

3.6.2.1– Flexão

Resistência à flexão estática

Para determinar a qualidade da madeira, é necessário conhecer as propriedades físicas e mecânicas do material, e dentre os ensaios mecânicos realizados pode-se destacar a flexão estática. Segundo Moreschi (2012), a propriedade mecânica de flexão estática consiste na aplicação de uma carga a um corpo-de-prova que repousa sobre dois apoios, na metade de seu comprimento, para causar tensões e deformações mensuráveis até sua ruptura, seguindo as especificações da norma 14810-2 (2013). Ao ser submetida a uma carga aplicada em sua face tangencial, a peça de madeira sofre um flexionamento até sua ruptura.

Inicialmente a madeira se encontra em regime elástico, deformando de forma reversível, ou seja, apresentando a capacidade de voltar ao seu estado original. Dessa forma a força que a deforma é cessada. A partir do ponto em que a madeira deixa de ser elástica, ela entra em regime plástico, passando a apresentar deformação definitiva, mesmo quando a força que a deforma é cessada (STANGERLIN, D. M. 2010).

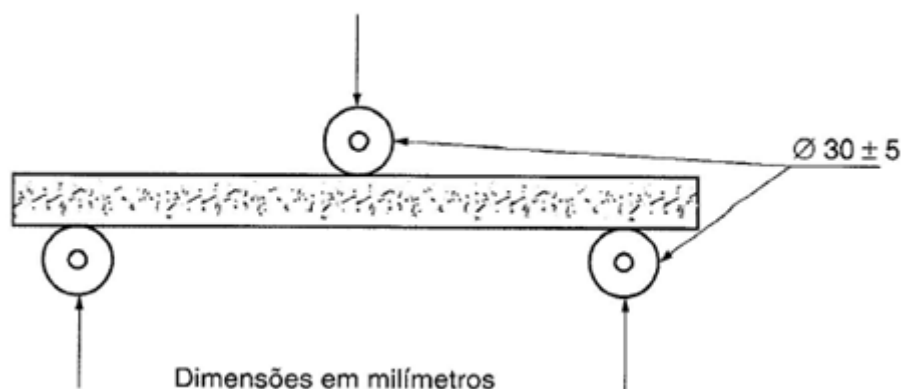
“A madeira apresenta uma resistência elevada a este tipo de esforço, alcançando valores próximos dos obtidos para a resistência à tração axial”. O esforço de flexão é capaz de determinar nas peças de madeira dois tipos de comportamento, tais como, esforços de compressão no intradorso e no extradorso as fibras são

tracionadas. Caso o limite de resistência à compressão seja ultrapassado, uma pré-rotura localizada acontece, e quando a tensão resistente máxima à tração é ultrapassada as peças rompem por rotura e estilhaçamento das fibras de extradorso. Dessa forma, o módulo de elasticidade se torna uma grandeza muito importante para o cálculo de estruturas e classificação de elementos estruturais, visto que, é um parâmetro mecânico que proporciona uma medida de rigidez, ou seja, é uma medida de resistência à deformação elástica (PEREIRA, 2009).

“Embora o módulo de elasticidade não proporcione conclusões absolutas sobre o comportamento da madeira, pode-se dizer que quando se constatarem valores altos do módulo de elasticidade, a madeira apresenta alta resistência e baixa capacidade de deformação” (PEREIRA, 2009), além de quanto maior o acréscimo de umidade, maior a redução nas propriedades de flexão estática (STANGERLIN, D. M. 2010).

Para o Ensaio de Resistência a Flexão e Módulo de Elasticidade (MOE e MOR), foram necessários 10 corpos de prova, e 3 testes de cada tratamento, com dimensões nominais de aproximadamente 50x300 mm. Após a medição da espessura e da largura, as amostras foram colocadas na máquina Universal de Ensaio, e posicionadas de modo que as extremidades, estivessem sobre os dois apoios da máquina, conforme Figura 13.

Figura 13: Forma de fixação do corpo de prova sobre os apoios na Máquina Universal de Ensaio



Fonte: Adaptado - NBR 14810-2 (2013)

Primeiro foram realizados os ensaios do módulo de Elasticidade (MOE), com 3 corpos de prova testes para cada tratamento. Em seguida os ensaios de Modulo de Ruptura (MOR) foram realizados para 10 amostras de cada tratamento (Figura 14).

Figura 14: Corpo de prova ensaiado – Resistencia a Flexão Estática



Fonte: Autora

Para cálculo da Resistencia à Flexão Estática (MOR) foi utilizada a Equação 6, e para o Módulo de Elasticidade (MOE) a Equação 7.

- Resistencia à Flexão Estática (MOR)

$$MOR = \frac{1,5x(PxD)}{Bx(E)^2} \text{ Equação (6)}$$

Onde:

MOR = é o modulo de resistência a flexão estática, expressa em Newtons por milímetro quadrado (N/mm²);

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

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

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

E = é a espessura do corpo de prova, expressa em milímetros (mm);

- Módulo de Elasticidade (MOE)

$$MOE = \frac{P_1xD^3}{dx4xBxE^3} \text{ Equação (7)}$$

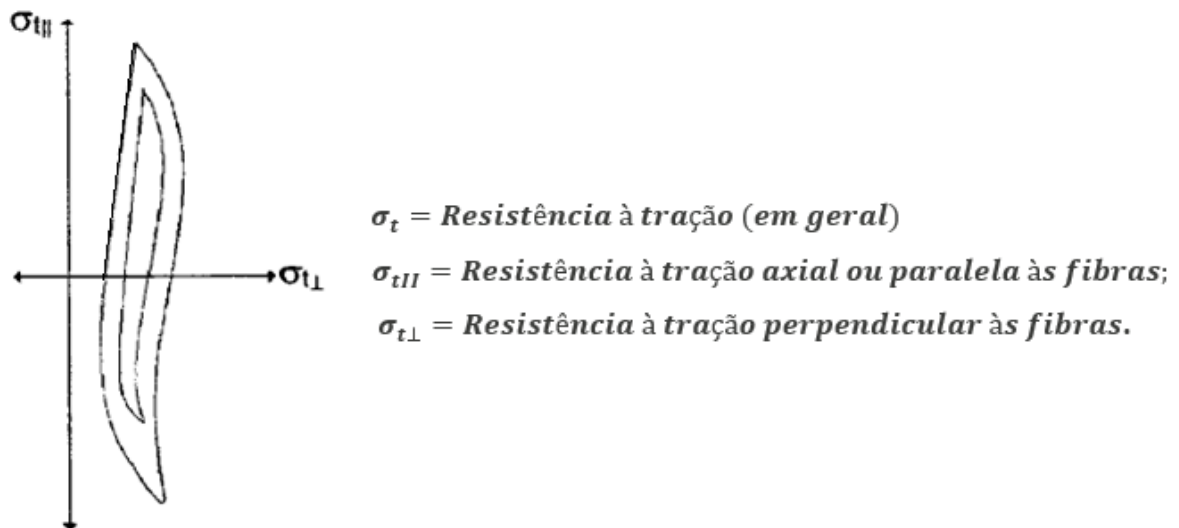
Onde:

MOE= é o módulo de elasticidade, expresso em Newtons por milímetro quadrado (N/mm²);
 P = é a carga no limite proporcional lida no indicador de carga, expressa em Newtons (N);
 D = é a distância entre os apoios do aparelho, expressa em milímetros (mm);
 d = é a deflexão, correspondente a carga P₁, expressa em milímetros (mm);
 B = é a largura do corpo de prova, expressa em milímetros (mm);
 E = é a espessura do corpo de prova, expressa em milímetros (mm).

3.6.2.2 – Resistência à tração axial ou paralela às fibras

“A tração simples normalmente não constitui uma ameaça séria para as peças estruturais de madeira uma vez que a sua estrutura está devidamente orientada para resistir a este tipo de esforços”. (PEREIRA, 2009). Distingue-se entre as resistências à tração (σ_t), a tração axial ou paralela às fibras, da tração perpendicular às fibras, usando-se as simbologias ($\sigma_{t//}$ e $\sigma_{t\perp}$), respectivamente. (MORESCHI, 2014a). A Figura 15 apresenta de forma esquemática o sentido do esforço a que a madeira é submetida para a realização dos diferentes ensaios de tração.

Figura 15 – Sentido dos esforços empregados nos ensaios de tração axial e perpendicular às fibras.



Fonte: MORESCHI, 2014a

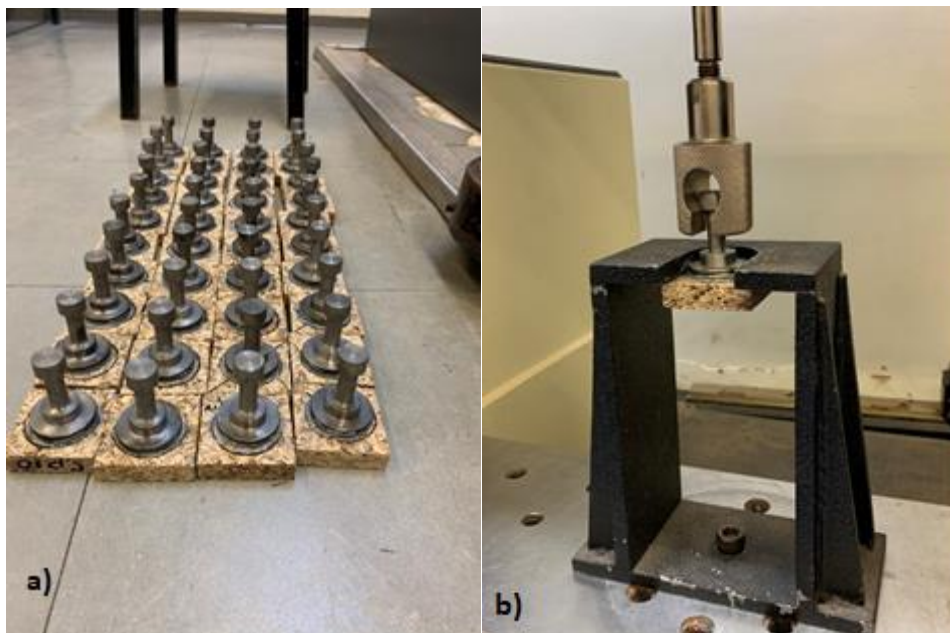
Na tração paralela, as contrações aproximam as fibras fortalecendo a sua coesão e aderência o que motiva a aplicação de maiores cargas, geralmente três vezes superiores às cargas presentes na compressão axial, para se dar a rotura do material. Por isto, a quebra das peças da madeira só ocorre quando a tração axial estiver combinada com efeitos secundários que reduzam a secção resistente. Os

provetes a ensaiar para a avaliação da resistência à tração não podem ser idênticos aos que se usam para determinar a capacidade resistente à compressão de peças de madeira, pois têm de estar providos de cabeças para facilitarem a fixação das garras da máquina (PEREIRA, 2009).

O método de Ensaio para resistência à tração axial foi realizado com 10 corpos de prova de cada tratamento, amostras estas que passam por uma preparação, ou seja, recebem na superfície a ser ensaiada uma ranhura anelar, que tem como ponto central o centro geométrico do corpo de prova. Conforme as especificações da norma, a ranhura deve estar entre 0,3 mm e 1,0 mm de profundidade, e apresentar área de ensaio de diâmetro de $35,7 \pm 0,2$ mm.

Após a ranhura feita nas amostras, os corpos de prova foram colados a um dispositivo metálico circular, de diâmetro semelhante a ranhura feita (Figura 16), para colagem foi utilizado o adesivo estrutural de Base Epóxi e média fluidez (componente A e componente B), na proporção de 1:1.

Figura 16: a) Corpos de prova colados ao dispositivo metálico circular; b) corpos de prova acoplados a máquina universal de ensaios.



Fonte: Autora

Após a cura total do adesivo, as amostras foram ensaiadas utilizando a máquina Universal de Ensaios (EMIC – capacidade de 300 kN), e a resistência a tração foi obtida através da Equação 8.

$$\sigma_{t//} = \frac{L}{S} \quad \text{Equação (8)}$$

Onde:

$\sigma_{t//}$ é a resistência a tração axial, ou superficial, expressa em Newtons por milímetros quadrado (N/mm²);

L= é a leitura do indicador de cargas da máquina universal de ensaios, expressa em Newtons (N);

S= é a área de rompimento do corpo de prova, equivale a 1000mm².

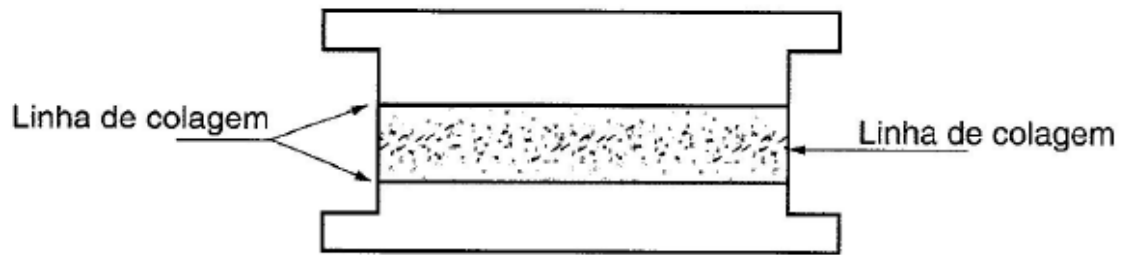
3.6.2.3 – Resistência à Tração Perpendicular às Fibras

O ensaio de resistência à tração perpendicular às fibras muitas vezes são contestados, visto que evita-se utilizar a madeira em situações que a exponha a tensões de tração perpendicular à grã, pelo fato de sua resistência ser muito baixa neste sentido e de decrescer mais ainda com as inevitáveis rachaduras de contração (rachaduras radiais); além do fato das tensões dentro do corpo-de-prova serem muito irregulares, as quais causam grande variação nos resultados, caracterizando-se como um ensaio pouco preciso e que gera resultados de pouca representatividade para uso prático (MORESCHI, 2014a). É aconselhável que, em situações práticas, se evite a criação de esforços deste tipo, pois podem originar o colapso das estruturas de madeira quando solicitadas por esforços de tração de pequena importância. Neste ensaio, ao contrário do que se passa em outras propriedades mecânicas, a resistência à tração perpendicular às fibras não varia com a massa volúmica, uma vez que esta não interfere na aderência entre fibras (PEREIRA, 2009)

Para o ensaio de tração perpendicular, foram necessárias 10 amostras de cada tratamento, com dimensões de 50x50 mm. O ensaio foi conduzido na máquina Universal de ensaios, fabricante EMIC, com capacidade de 300kN.

Na preparação dos corpos de provas, as amostras foram coladas a blocos metálicos, conforme a ilustração apresentada na Figura 17, o adesivo utilizado foi o estrutural de Base Epóxi e media fluidez (Componente A e Componente B), na proporção de 1:1.

Figura 17: Corpo de Prova entre Blocos de tração, formando um conjunto.



Fonte: NBR 14810-2 (2013)

A Figura 18 apresenta os corpos de prova antes do ensaio, colados nos blocos metálicos.

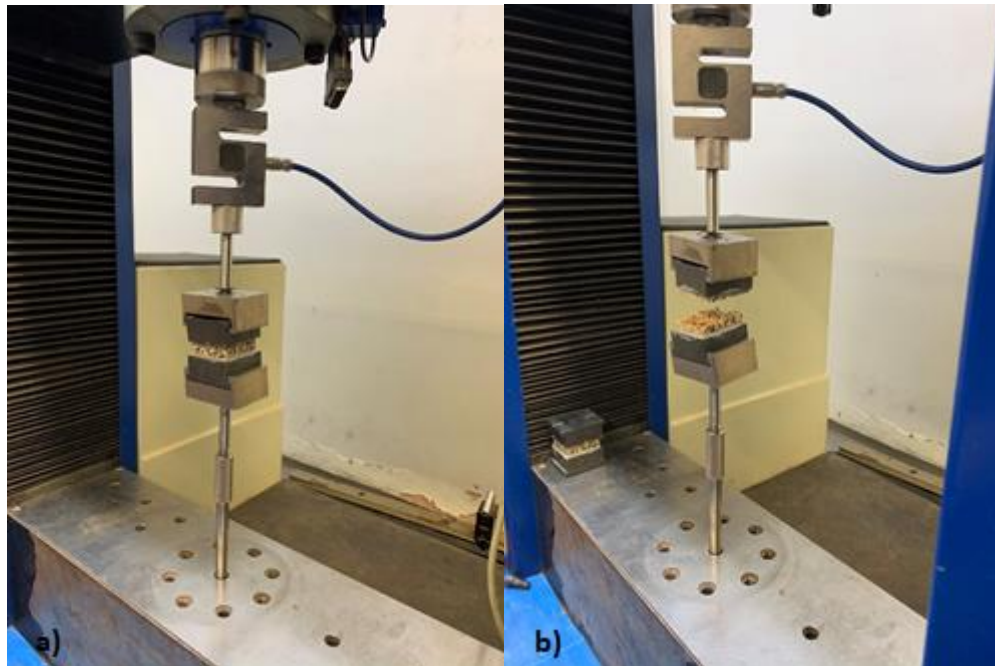
Figura 18: corpos de prova colados nos blocos de tração.



Fonte: Autora

Utilizando a máquina universal de ensaios (FIGURA 19a), foi aplicada a força de tração crescente até atingir a ruptura (FIGURA 19b). O processo foi desenvolvido para todas as amostras, totalizando 40 corpos de prova.

Figura 19: Ensaio de tração perpendicular a) corpo de prova posicionado na máquina universal antes de ser ensaiado; b) corpo de prova após o ensaio – ruptura.



Fonte: Autora

Para o cálculo da resistência à tração perpendicular, foi utilizado a Equação 9:

$$\sigma_{t\perp} = \frac{P}{S} \quad \text{Equação (9)}$$

Sendo:

$$S = b_1 \times b_2$$

Onde:

$\sigma_{t\perp}$ = é a resistência à tração perpendicular, expressa em Newtons por milímetro quadrado (N/mm²);

P = é a carga de ruptura, expressa em Newtons (N);

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

b₁ e b₂ = são as dimensões do corpo de prova, expressa em milímetros (mm).

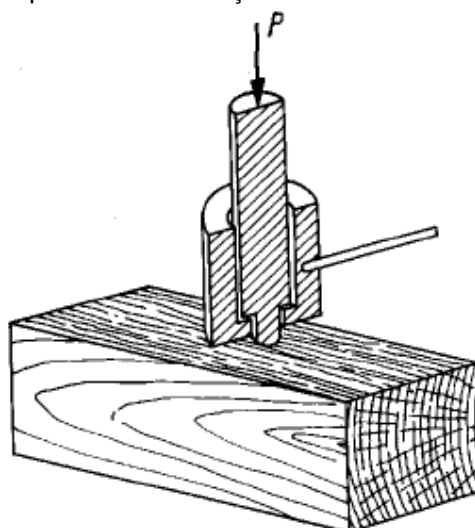
O resultado apresentado foi a média entre a resistência a tração verificada nos corpos de prova ensaiados, em cada tratamento, expressos em Newtons por milímetro quadrado (N/mm²).

3.6.2.4 – Dureza

Dureza é definida como a resistência requerida para um corpo sólido penetrar em outro por meio de esforço, ou como a resistência oferecida pelo material testado à penetração de certo dispositivo (esfera, agulha, cilindro, entre outros.). A dureza da madeira é uma propriedade indicadora da trabalhabilidade (MORESCHI, 2014a) e expressa a resistência da madeira a deformações permanentes, estando diretamente relacionada com a força de ligação dos elementos da microestrutura do material lenhoso, dando uma ideia do grau de dificuldade em “trabalhar” a madeira, isto é, a quantidade de trabalho que é necessário realizar para adaptar as peças à forma que se pretende. (PEREIRA, 2009).

Existem vários métodos para a determinação da dureza da madeira, entre eles o da Dureza Brinell e o da Dureza Janka. Janka (1906, 1908 e 1915) propôs e desenvolveu uma modificação do ensaio da determinação da dureza Brinell para a madeira. A Norma ANSI A-208 (1999) adota o Método Janka, que consiste em avaliar o esforço necessário para introduzir uma semi-esfera de 1 cm² de área diametral nas faces laterais e dos topos dos corpos-de-prova, a uma velocidade de 6 mm por minuto, a uma profundidade igual a seu raio. O instrumento utilizado para esta finalidade é mostrado em corte na Figura 20.

Figura 20: Esquema do ensaio para a determinação da dureza Janka.



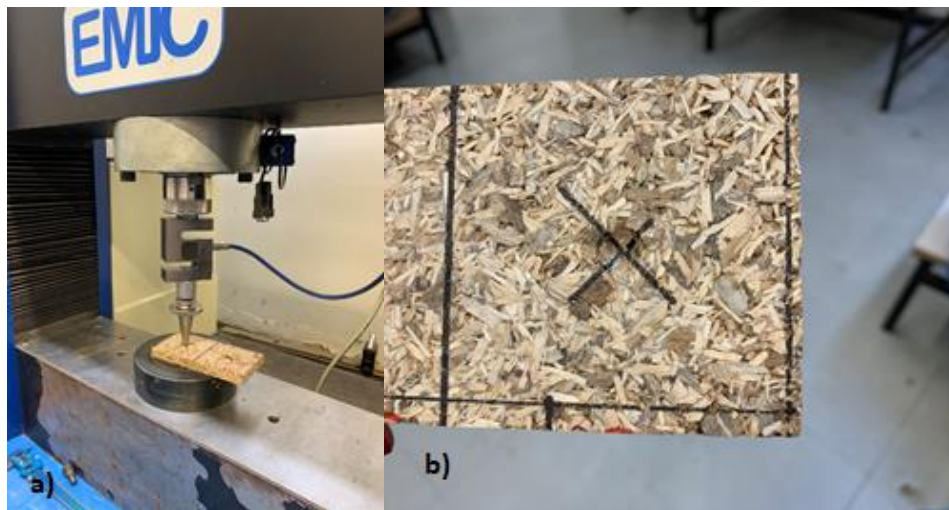
Fonte: MORESCHI, 2014a

Para o ensaio de Dureza Janka, foram utilizadas 10 amostras de cada tratamento, com dimensões de 75x150 mm. As amostras foram acopladas na máquina

de ensaios universal, em seguida o aparelho foi acionado, até que a esfera de 11,3mm de diâmetro penetrasse a metade de seu diâmetro na amostra, ou seja 5,65 mm.

Foram realizadas duas penetrações em cada superfície da amostra, com uma distância de 25 mm das laterais, separando-as o suficiente para que uma penetração não tenha nenhum efeito sobre a outra (Figura 21).

Figura 21: Ensaio Dureza Janka a) superfície acoplada a máquina universal de ensaios; b) superfície ensaiada.

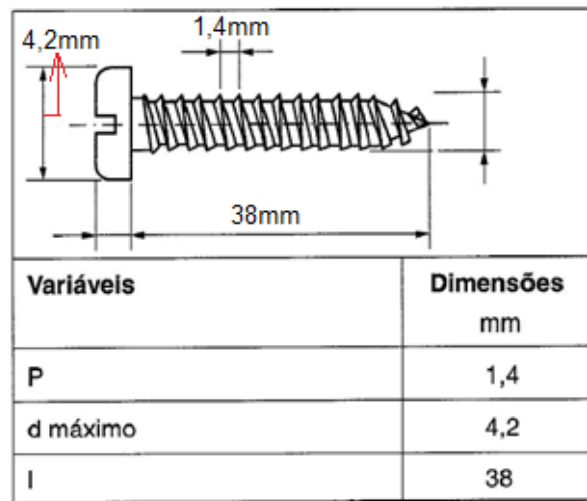


Fonte: Autora

3.6.2.5 – Ensaio de arrancamento de parafuso

No ensaio de arrancamento de Parafuso Topo e Superfície, foram necessários 10 corpos de prova de cada tratamento, e parafusos com as dimensões especificados na norma NBR 14810-2 (2013) (Figura 22).

Figura 22: Dimensões do Parafuso a ser utilizados nos ensaios.



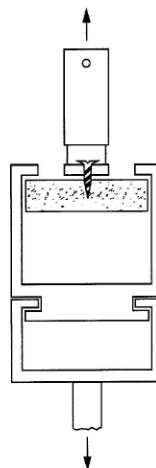
Fonte: Adaptado NBR 14810-2 (2013)

O parafuso utilizado no ensaio de arrancamento foi auto atarraxante, cabeça-panela com fenda 4,2 x 38mm, e o passo da rosca de 1,4mm.

3.6.2.5.1– Ensaio de arrancamento de parafuso superfície (Face)

Para a preparação dos corpos de prova no ensaio de Arrancamento de Parafuso Face, foi necessário perfurar com auxílio de uma broca de $2,7 \pm 0,1$ mm de diâmetro, um orifício com profundidade de $15,0 \pm 0,5$ mm, centrado na superfície do corpo de prova, conforme esquema apresentado na Figura 23.

Figura 23: Esquema do ensaio para arranque de Face



Fonte: NBR 14810-2 (2013)

O parafuso fixado na amostra foi ensaiado na máquina EMIC através do sistema de tração, (Figura 24).

Figura 24: Corpo de prova a ser ensaiado acoplado nos acessórios da máquina universal de ensaios, Parafuso Face a) Corpo de prova posicionado para ensaio; b) corpo de prova sendo ensaiado.



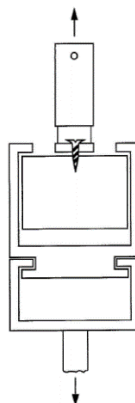
Fonte: Autora

A força de tração no parafuso ocorreu até o arrancamento total, verificado a força necessária para que isso fosse possível.

3.6.2.5.2 – Ensaio de arrancamento de parafuso topo

Para o ensaio de arrancamento de parafuso topo, a perfuração foi realizada no topo da amostra, conforme esquema apresentado na Figura 25.

Figura 25: Esquema do ensaio para arranque de topo.



Fonte: NBR 14810-2 (2013)

A perfuração foi feita com auxílio de uma broca de $2,7 \pm 0,1$ mm de diâmetro, e o orifício com profundidade de $15,0 \pm 0,5$ mm, centrado no topo do corpo de prova. Em seguida, as amostras preparadas, foram acopladas nos acessórios da máquina universal de ensaios, e ensaiadas através do sistema de tração (Figura 26).

Figura 26: a) Corpo de prova preparado para o ensaio de Parafuso Topo b) Corpo de prova a ser ensaiado acoplado nos acessórios da máquina universal de ensaio – Parafuso Topo.



Fonte: Autora

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo serão apresentados e discutidos os resultados obtidos ao longo desta pesquisa, referentes a caracterização dos painéis aglomerados produzidos a partir da Teca e Pupunha (tipo P4), utilizando como referência os requisitos estabelecidos pelas normas NBR 14810-2 (2013), ANSI A208 (1999) e como comparativos os resultados apresentados por Valarelli (2016), em um estudo feito para uma composição de tratamento de 70% Bambu + 30% Pupunha em painéis aglomerados de alta densidade (0,85 g/cm³) e Nasser (2019) com um tratamento de 100% Teca em painéis de alta densidade.

Os comparativos são realizados objetivando a verificação de uma composição de material nobre com resíduos, analisando a porcentagem viável de substituição, sem prejudicar o resultado final apresentado.

4.1 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Após realização dos ensaios, foi realizada uma análise estatística com os resultados encontrados utilizando a ANOVA, para verificar o valor-p. As análises que apresentaram valores de p menor que 0,05 obtiveram uma diferenciação significativa, desta forma, a fim de localizar as diferenças significativas entre os grupos, foi realizado o Teste de Tukey. A análise estatística foi comentada após cada representação gráfica dos resultados encontrados, nas seções 4.2 e 4.3. Os grupos foram classificados em:

- A (100% Teca)
- B (90% Teca + 10% Pupunha)
- C (80% Teca + 20% Pupunha)
- D (70% Teca + 30% Pupunha)

4.2- RESULTADOS DA AVALIAÇÃO DOS ENSAIOS MECÂNICOS

Como ensaios mecânicos foram executados: resistência a flexão, dureza Janka, arrancamento de parafuso topo e face, tração perpendicular e axial.

4.2.1- Resultados do Ensaio de Resistência a Flexão e Módulo de Elasticidade (MOR)

Os ensaios foram desenvolvidos utilizando a norma NBR 14810-2 (2013), atendendo as especificações determinadas pela mesma. Foram realizados os ensaios para os corpos-de-prova de cada tratamento e obtidos os resultados apresentados neste capítulo.

Os ensaios de resistência à flexão foram realizados para os 4 tratamentos, com 10 corpos de prova para cada ensaio. A NBR 14810-2/2013 determina que para painel do tipo p4, com densidade entre 10 a 13 mm, o corpo de prova deve apresentar um resultado de resistência a flexão estática mínima de 16 N/mm², e o módulo de elasticidade de 2300 N/mm² conforme a Tabela 1.

Considerando Módulo de Elasticidade, os ensaios foram realizados para os 4 tratamentos, a uma velocidade de 7 mm/min, sendo possível observar que, o tratamento T1- 100% Teca, ultrapassou o valor mínimo exigido pela norma, apresentando uma média de módulo de elasticidade de 2405 Mpa (N/mm²), ou seja, através de uma comparação feita dos tratamentos e a NBR 14810-2 (2013), foi possível verificar nos valores médios que apenas o tratamento sem a presença de Pupunha (T1) atingiu a especificação determinada pela norma, enquanto que os demais não atingiram. Os resultados dos ensaios de MOE estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 – Resultados dos ensaios para determinação do modulo de elasticidade na flexão estática – MOE

RESULTADOS FINAIS DAS AMOSTRAS – ENSAIO DE FLEXÃO E MÓDULO DE ELASTICIDADE – MOE				
Valores	T1 – 100% Teca	T2 – 90% Teca + 10% Pupunha	T3 – 80% Teca + 20% Pupunha	T4 – 70% Teca + 30% Pupunha
Valor Máximo (Mpa)	2924,00	2448,00	2717,00	2449,00
Valor Médio (Mpa)	2405,00	2152,00	2125,00	1899,00
Valor Mínimo (Mpa)	1803,00	1633,00	1235,00	1260,00
Coef. De Variação (%)	18,01	11,94	20,88	23,76
Desvio Padrão (Mpa)	433,10	257,00	443,70	451,30

Fonte: Autora

Na comparação dos resultados obtidos no presente trabalho, com o resultado apresentado por Valarelli (2016), foi possível verificar que a composição do bambu e da Pupunha (alta densidade), apresentou resultados mais eficientes, com valores superiores aos estipulados pela norma, apresentando MOE médio de 3115,00 Mpa, já em comparação com Nasser (2019), o tratamento realizado para 100% Teca (painel de alta densidade) apresentou resultado médio de 2039,57 Mpa, enquanto que o resultado do presente trabalho para painéis de média densidade foi de 2405,00 Mpa.

- Módulo de ruptura (MOR)

Considerando os resultados dos ensaios de resistência a flexão, com as especificações da norma NBR 14810-2 (2013) de 16 Mpa, foi possível verificar que o tratamento T4 foi o que mais se aproximou do valor estipulado pela norma, sendo em média 13,97 Mpa, apresentando um acréscimo de resistência à medida em que se aumentou a porcentagem de Pupunha no painel. Os resultados dos ensaios de MOR estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 – Resultados dos ensaios para determinação do modulo de ruptura – MOR

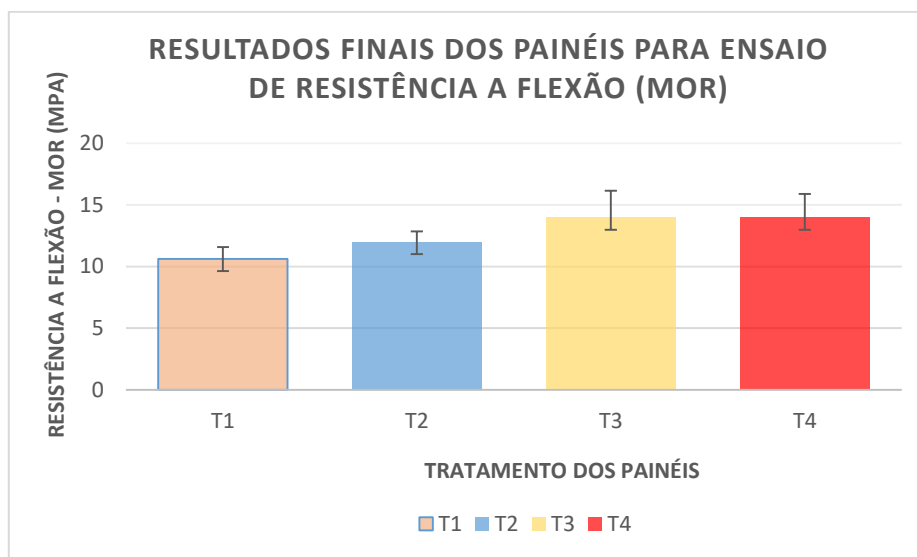
RESULTADOS FINAIS DAS AMOSTRAS – ENSAIO DE MÓDULO DE RUPTURA				
Valores	T1 – 100% Teca	T2 – 90% Teca + 10% Pupunha	T3 – 80% Teca + 20% Pupunha	T4 – 70% Teca + 30% Pupunha
Valor Máximo (Mpa)	11,30	12,61	15,51	15,10
Valor Médio (Mpa)	10,62	12,00	13,97	13,97
Valor Mínimo (Mpa)	9,937	11,40	12,43	11,77
Coef. De Variação (%)	9,084	7,109	15,58	13,66
Desvio Padrão (Mpa)	0,9647	0,8532	2,176	1,908

Fonte: Autora

Através da comparação das amostras com os resultados obtidos por Valarelli (2016), foi possível verificar que os resultados apresentados são superiores aos resultados obtidos pelos tratamentos estudados no presente trabalho, visto que apresentou em média 23,53 Mpa de resistência à Flexão. E ao comparar com o resultado de 14,16 Mpa obtido por Nasser (2019) para o tratamento de 100% Teca, verificou-se uma diferença de 3,54 Mpa para o T1 em resistência à flexão estática.

A Figura 27 apresenta o gráfico dos resultados obtidos nos tratamentos com o desvio padrão permitido.

Figura 27: Gráfico de desvio padrão dos tratamentos analisados – Flexão Estática



Fonte: Autora

Com os resultados obtidos foi possível verificar que o maior desvio padrão foi para o tratamento T3, com um desvio de 2,176 Mpa.

Após uma análise estatística utilizando o método de Tukey (apêndice KK) dos resultados obtidos entre os tratamentos, foi possível verificar que apenas a amostra A (T1 – 100% Teca) comparada com a amostra D (T4 – 70% Teca+30% Pupunha) apresentaram um valor de significância $p = 0,03943$ entre os resultados, onde desta forma houve uma diferença significativa entre os tratamentos A e D.

4.2.2- Ensaio de tração superficial

O ensaio de tração superficial apresenta uma análise de ligação entre as partículas e o adesivo. Este ensaio foi desenvolvido conforme as condições impostas pela NBR 14810-2 (2013) e realizado para os 4 tratamentos, com 10 corpos de prova por tratamento. Para este ensaio a norma não apresenta especificações de valores mínimos, portanto não foi realizada a comparação entre o ensaio e a norma.

Na comparação entre resultados do presente trabalho e o resultado determinado por Valarelli (2016), foi possível verificar que o resultado apresentado no estudo de Valarelli para a composição em análise foi superior aos apresentados neste trabalho, visto que apresentou um valor médio para a composição em análise de 2,78 Mpa, enquanto que nos ensaios realizados o valor para o T4 foi de 1,55 Mpa.

Feita a comparação entre os tratamentos encontrados foi possível verificar que o melhor resultado de resistência a tração superficial foi do painel T1 (100% Teca), atingindo uma média de 1,77 Mpa (N/mm²), sendo representado no relatório de ensaio como Kgf/cm². Os demais resultados não apresentaram variações significativas entre os tratamentos.

Nasser (2019) apresentou para o tratamento 100% Teca um valor de 2,78Mpa, enquanto o T1 apresentado no trabalho teve em média 1,77Mpa. A Tabela 7 apresenta os resultados médios, máximos e mínimos de cada traço estudado.

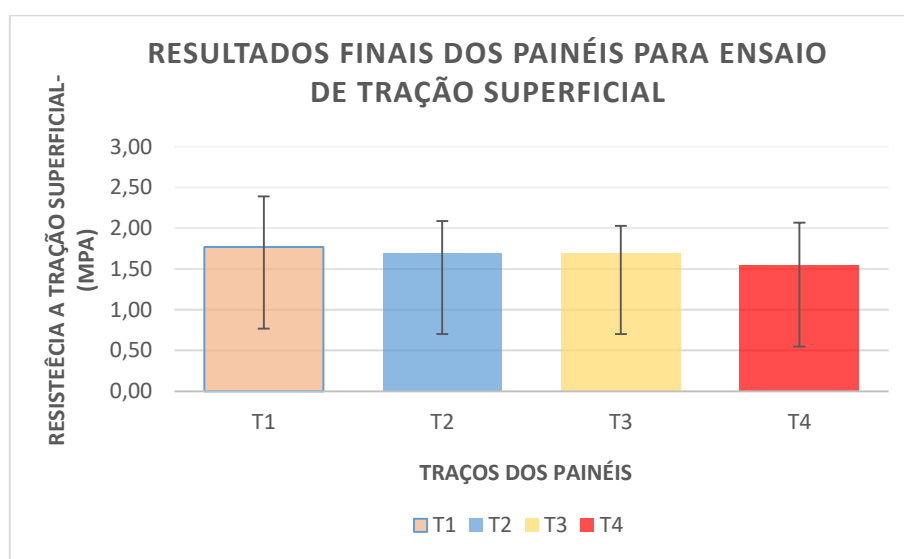
Tabela 7– Resultados finais das amostras ensaio de tração superficial

RESULTADOS FINAIS DAS AMOSTRAS - ENSAIO DE TRAÇÃO SUPERFICIAL				
Valores	T1 - 100% Teca	T2 - 90% Teca + 10% Pupunha	T3 - 80% Teca + 20% Pupunha	T4 - 70% Teca + 30% Pupunha
Valor Máximo (Mpa)	2,63	2,34	2,10	2,21
Valor Médio (Mpa)	1,77	1,70	1,70	1,55
Valor Mínimo (Mpa)	0,85	1,15	1,21	0,69
Coef. De Variação (%)	35,12	22,97	19,42	33,62
Desvio Padrão (Mpa)	0,62	0,39	0,33	0,52

Fonte: Autora

Através dos resultados, foi possível verificar que o maior desvio padrão foi encontrado para o tratamento T1. A Figura 28 apresenta o gráfico de desvio padrão dos tratamentos analisados para o ensaio de tração superficial.

Figura 28 – Gráfico de desvio padrão dos tratamentos analisados – Tração Superficial.



Fonte: Autora

O teste de Tukey para o ensaio de tração superficial (apêndice PP) não apresentou diferenças significativas para os resultados analisados.

4.2.3- Ensaio de tração perpendicular

O ensaio de tração perpendicular foi realizado para os quatro tratamentos, com 10 corpos de prova cada, seguindo as especificações determinadas pela norma NBR 14810-2 (2013).

Para o ensaio de tração Perpendicular, a norma 14810-2 (2013) determina um valor de referência de 0,4 Mpa, sendo apresentado neste estudo resultados satisfatórios quando comparados a norma, visto que todos os valores encontrados nos resultados foram maiores que 0,4 MPa. Foi possível verificar através dos resultados que com a adição de Pupunha o valor de resistência a tração perpendicular foi reduzido, mas não inferior ao proposto pela norma. Comparando os resultados o maior valor de resistência a tração perpendicular foi encontrado no tratamento T1 (100% Teca) com um valor de 1,73 MPa.

Valarelli (2016) apresentou um valor de 4,37 MPa para o tratamento com 70% Bambu + 30% Pupunha, enquanto o valor para o tratamento T4 foi de 1,13 MPa. Já em comparação para o tratamento 100% Teca, o valor obtido por Nasser (2019) foi de 0,99Mpa, enquanto para o tratamento T1 foi de 1,73 MPa.

A Tabela 8 apresenta os resultados médios, máximos e mínimos de cada traço estudado, apontando o desvio padrão encontrado para cada ensaio.

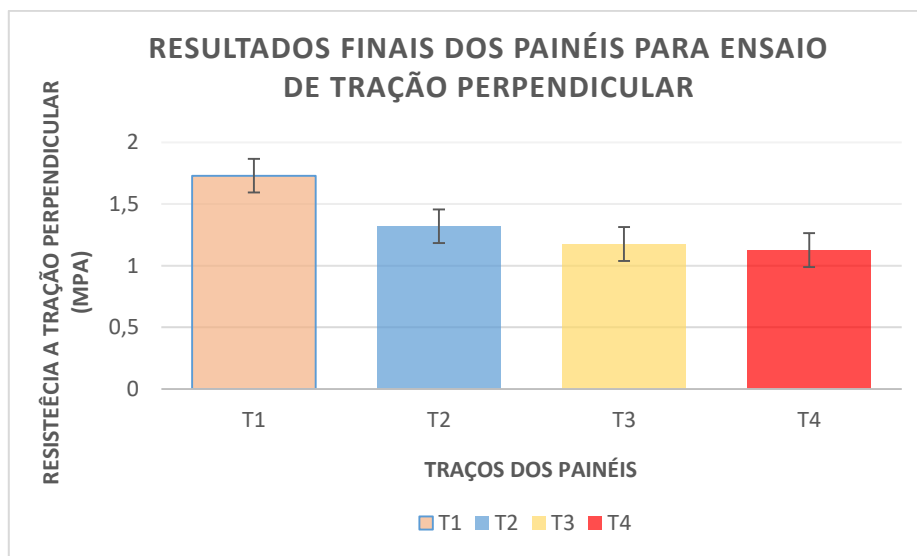
Tabela 8 – Resultados Finais das amostras Ensaio de Tração Perpendicular

RESULTADOS FINAIS DAS AMOSTRAS - ENSAIO DE TRAÇÃO PERPENDICULAR				
Valores	T1 - 100% Teca	T2 - 90% Teca + 10% Pupunha	T3 - 80% Teca + 20% Pupunha	T4 - 70% Teca + 30% Pupunha
Valor Máximo (Mpa)	2,42	1,75	1,91	1,78
Valor Médio (Mpa)	1,73	1,32	1,18	1,13
Valor Mínimo (Mpa)	1,20	0,78	0,40	0,47
Coef. De Variação (%)	23,34	25,13	42,18	32,50
Desvio Padrão (Mpa)	0,40	0,33	0,50	0,37

Fonte: Autora

Através da análise do desvio padrão foi verificado que o tratamento T3 (80% Teca + 20% Pupunha) apresentou um valor maior de desvio padrão de 0,50 MPa (Figura 29).

Figura 29 – Gráfico de desvio padrão dos tratamentos analisados – Tração Perpendicular.



Fonte: Autora

Através da análise estatística, verificou-se no teste de Tukey (apêndice OO) que para o ensaio de tração perpendicular, as diferenças significativas foram identificadas entre as amostras A (T1) e C (T3) e as amostras A (T1) e D (T4), ou seja, os painéis que não apresentaram Pupunha em sua composição, obtiveram uma notável diferença entre os resultados nos tratamentos com uma porcentagem maior desta palmeira.

4.2.4- Ensaio de arrancamento de parafuso

Os ensaios de arrancamento de parafuso topo e face foram desenvolvidos atendendo as especificações da norma NBR 14810-2 (2013), e para todos os tratamentos foram utilizados 10 corpos por ensaio.

4.2.4.1- Topo

A norma NBR 14810-2 (2013) não apresenta valores de referência para estes ensaios, não sendo possível esta comparação, enquanto a norma ANSI 208.1 (1999) apresenta como requisito um valor de 1550 N.

Considerando a ANSI A208 (1999) como parâmetro os resultados determinados pelos ensaios não atenderam as especificações. Os resultados obtidos não apresentaram diferença significativa entre os resultados com e sem a presença da palmeira Pupunha, visto que o valor do tratamento T1 (689,90 N) se aproximou do valor analisado no tratamento T4 (646,06 N), apresentando pouca diferença entre ambos. Já ao serem comparados com os resultados encontrados no trabalho de Valarelli (2016) com este trabalho, foi possível verificar que houve uma grade discrepância entre eles, pois no estudo realizado por Valarelli na composição Bambu (70%) e Pupunha (30%) o valor apresentado foi de 2826,64 N, enquanto que nenhum dos tratamentos com porcentagem de Pupunha apresentaram valores próximos a este.

Nasser (2019) obteve valor médio para o tratamento com 100% Teca de 1319,93 N, enquanto o presente trabalho apresentou valor médio de 689,90 N.

A Tabela 9 apresenta os resultados médios, máximos e mínimos do ensaio de arrancamento de parafuso topo de cada tratamento.

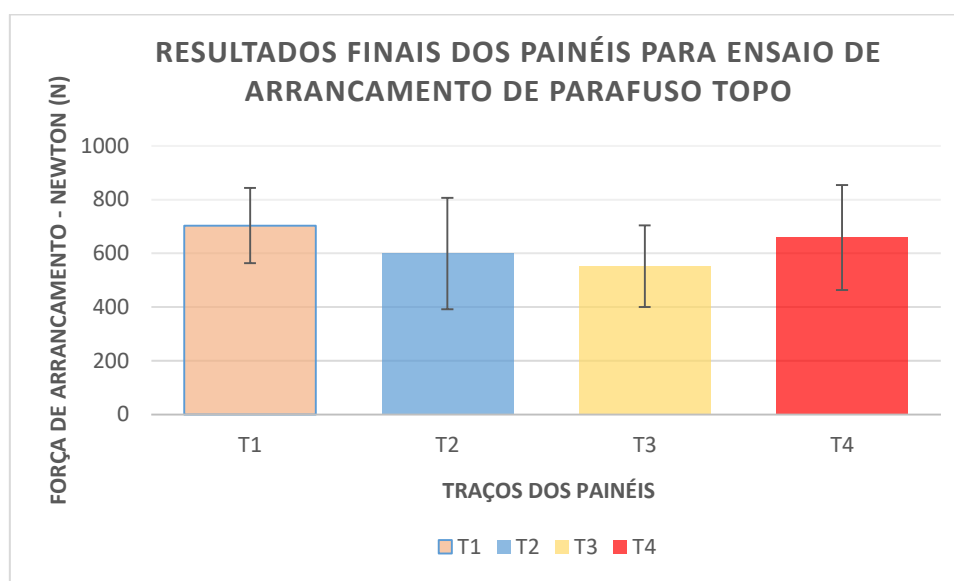
Tabela 9 – Resultados finais das amostras ensaio de arrancamento de parafuso topo

RESULTADOS FINAIS DAS AMOSTRAS - ENSAIO DE ARRANCAMENTO DE PARAFUSO TOPO				
Valores	T1 - 100% Teca	T2 - 90% Teca + 10% Pupunha	T3 - 80% Teca + 20% Pupunha	T4 - 70% Teca + 30% Pupunha
Valor Máximo (N)	880,54	977,53	884,07	911,04
Valor Médio (N)	689,90	577,32	541,52	646,06
Valor Mínimo (N)	476,31	199,37	364,81	348,92
Coef. De Variação (%)	20,38	35,33	28,09	30,28
Desvio Padrão (N)	140,63	207,41	152,10	195,64

Fonte: Autora

Através da Tabela foi possível comparar o desvio padrão obtido em cada tratamento, e desta forma, destacar que o tratamento T2 apresentou maior desvio padrão. A Figura 30 apresenta o gráfico de desvio padrão dos tratamentos analisados.

Figura 30 – Gráfico de desvio padrão dos tratamentos analisados arrancamento de parafuso topo.



Fonte: Autora

Através da análise estatística foi possível verificar que no teste de Tukey para o ensaio de arrancamento de parafuso topo (apêndice LL) não foram verificadas diferenças significativas entre os resultados, não apresentando grandes variações com a adição da palmeira Pupunha.

4.2.4.2- Face

O ensaio de arrancamento de parafuso Face foi realizado conforme as especificações determinadas pela norma, e foram desenvolvidos para todos os tratamentos com 10 corpos de prova por tratamento.

Para o ensaio de arrancamento de parafuso face o tratamento T1 (100% Teca) obteve melhor resposta em relação a força aplicada, apresentando uma média de 664,01 N. Os outros tratamentos não apresentaram grande diferenciação em relação à média T1. Para este ensaio a NBR 14810-2 (2013) não apresenta valores de referência, mas a norma ANSI A208 (1999) especifica um valor mínimo de 1800 N.

Valarelli (2016) verificou resultados satisfatórios com material Pupunha, apresentando um valor médio de 2.674,95 N. Nasser (2019) obteve um valor de 1284,73 N para o tratamento de 100% Teca, apresentando grande divergência quando comparado ao resultado encontrado no presente trabalho.

A Tabela 10 apresenta os resultados médios, máximos e mínimos do ensaio de arrancamento de parafuso face de cada tratamento.

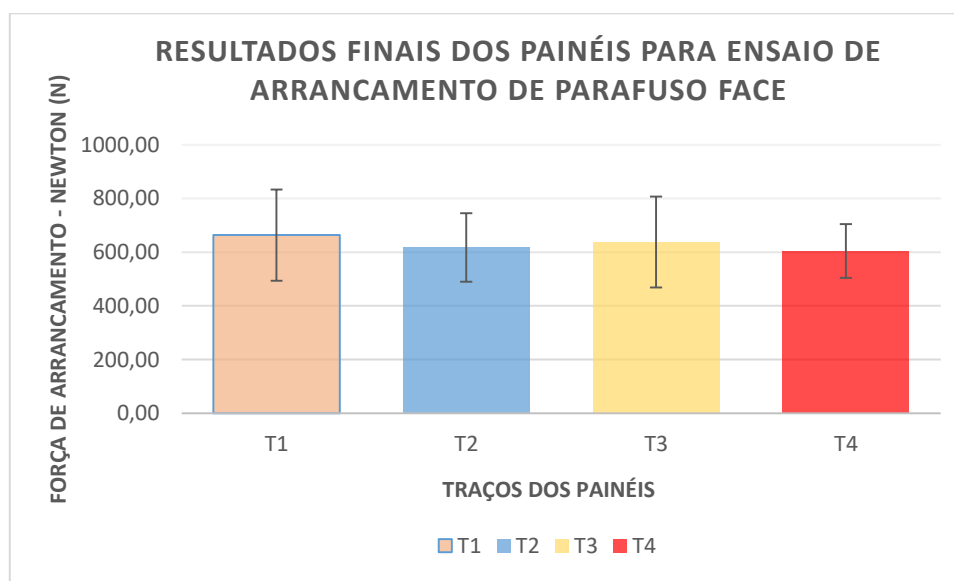
Tabela 10 – Resultados finais das amostras ensaio de arrancamento de parafuso face

RESULTADOS FINAIS DAS AMOSTRAS - ENSAIO DE ARRANCAMENTO DE PARAFUSO FACE				
Valores	T1 - 100% Teca	T2 - 90% Teca + 10% Pupunha	T3 - 80% Teca + 20% Pupunha	T4 - 70% Teca + 30% Pupunha
Valor Máximo (N)	1009,10	798,16	854,26	710,98
Valor Médio (N)	664,01	617,62	637,73	604,38
Valor Mínimo (N)	467,97	434,73	422,96	414,47
Coef. De Variação (%)	25,59	20,69	26,61	16,49
Desvio Padrão (N)	169,95	127,78	169,66	99,73

Fonte: Autora

Considerando o desvio padrão obtido em cada tratamento, foi possível verificar que os Tratamentos T1 e T3 apresentaram desvios com valores próximos. A Figura 31 apresenta o gráfico de desvio padrão dos tratamentos analisados.

Figura 31 – Gráfico de desvio padrão dos tratamentos analisados arrancamento de parafuso face.



Fonte: Autora

O teste de Tukey para o ensaio de arrancamento de parafuso face (apêndice MM) não apresentou significância entre os resultados, não sofrendo alterações significativas com a adição da palmeira Pupunha.

4.2.5- Ensaio de dureza Janka

O ensaio de dureza Janka não consta na NBR 14810-2 (2013), mas foi realizado seguindo como parâmetro a norma ANSI A208 (1999).

Analisando os resultados apresentados nos tratamentos, foi verificado que para este ensaio o traço T1 (100% Teca), apresentou maior valor de dureza, com um valor médio de 60,37 MPa, mas não houve grandes variações de dureza quando comparados o tratamento sem adição de Pupunha e o Tratamento com percentual maior da palmeira. A norma ANSI A208 (1999) não apresenta valores de referência para este ensaio para painéis de média densidade. A Tabela 11 apresenta os resultados das amostras para o ensaio de Dureza Janka.

Tabela 11 – Resultados Finais das amostras Ensaio de Dureza Janka

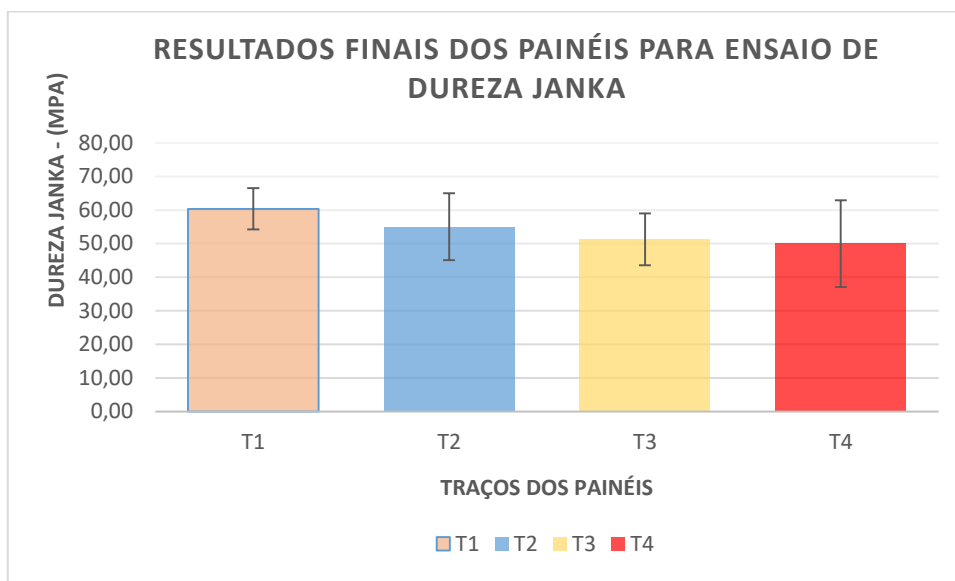
RESULTADOS FINAIS DAS AMOSTRAS - ENSAIO DE DUREZA JANKA				
Valores	T1 - 100% Teca	T2 - 90% Teca + 10% Pupunha	T3 - 80% Teca + 20% Pupunha	T4 - 70% Teca + 30% Pupunha
Valor Máximo (MPa)	67,05	75,03	67,57	80,94
Valor Médio (MPa)	60,37	55,02	51,27	49,99
Valor Mínimo (MPa)	46,85	41,71	40,94	35,81
Coef. De Variação (%)	10,15	18,17	15,01	25,93
Desvio Padrão (MPa)	6,13	9,99	7,70	12,96

Fonte: Autora

Valareli (2016) apresentou valores altos comparados com o presente trabalho, visto que para a composição 70% bambu + 30% Pupunha, o mesmo apresentou valor médio de 11552,23 MPa.

Nasser (2019) em sua análise feita em relação a força de aplicação da Dureza Janka para a composição de 100% Teca (alta densidade) apresentou um valor de 3789,10N, enquanto o tratamento T1 (média densidade), apresentou um valor de 615,6 Kgf ou seja 6036,97N (Anexo XIII). A Figura 33 apresenta o gráfico de desvio padrão dos tratamentos analisados.

Figura 32 – Gráfico de desvio padrão dos tratamentos analisados – Dureza Janka.



Fonte: Autora

Através dos resultados foi possível verificar que a composição com uma maior porcentagem de Pupunha apresentou um maior desvio padrão. Através da análise estatística, foi verificado que o teste de Tukey para o ensaio de Dureza Janka (apêndice NN) não apresentou significância entre os resultados, não sofrendo alterações significativas com a adição da palmeira Pupunha.

4.3- RESULTADOS DA AVALIAÇÃO DOS ENSAIOS FÍSICOS

Neste tópico serão apresentados os resultados e análise das propriedades físicas dos painéis aglomerados com partículas de Teca e Pupunha, com adesivo a base de mamona bi-componente, referentes aos ensaios de Teor de Umidade, Densidade, Absorção e Inchamento de Água.

4.3.1- Ensaio de densidade

Os ensaios de densidade foram desenvolvidos para 10 corpos de prova de cada tratamento, considerando as orientações determinadas pela norma NBR 14810-2 (2013). A norma NBR 14810-2 (2013) estabelece como requisito mínimo que o painel de média densidade apresente valores entre 551 kg/m³ e 750 kg/m³.

Comparando os resultados obtidos no ensaio com as especificações da norma, foi possível verificar que os valores encontrados ficaram dentro do estabelecido pela norma, visto que o valor médio máximo foi para o tratamento T1 748,52 kg/m³ e o valor médio mínimo para o tratamento T4 698,85 kg/m³.

A Tabela 12 apresenta os resultados médios, máximos e mínimos do ensaio de densidade para os tratamentos em análises.

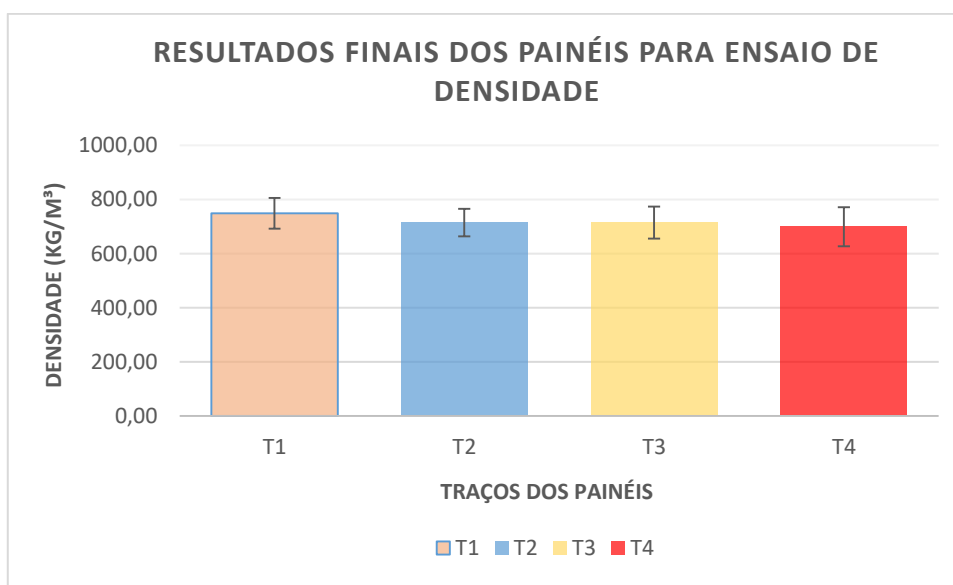
Tabela 12 – Resultados finais das amostras ensaio de densidade

RESULTADOS FINAIS DAS AMOSTRAS - ENSAIO DE DENSIDADE				
Valores	T1 - 100% Teca	T2 - 90% Teca + 10% Pupunha	T3 - 80% Teca + 20% Pupunha	T4 - 70% Teca + 30% Pupunha
Valor Máximo (Kg/m ³)	817,29	789,81	785,79	790,34
Valor Médio (Kg/m ³)	748,52	714,82	714,40	698,85
Valor Mínimo (Kg/m ³)	641,27	647,31	629,52	555,62
Coef. De Variação (%)	7,57	7,13	8,27	10,34
Desvio Padrão (Mpa)	56,65	50,96	59,10	72,27

Fonte: Autora

A Figura 33 apresenta o gráfico de desvio padrão dos tratamentos analisados nos ensaios de densidade.

Figura 33 – Gráfico de desvio padrão dos tratamentos analisados densidade.



Fonte: Autora

Através da análise estatística utilizando o teste de Tukey para o ensaio de densidade (apêndice TT), foi possível verificar que os tratamentos não apresentaram diferenças significativas entre eles, mesmo com a adição de Pupunha.

4.3.2- Ensaio de teor de umidade

O ensaio de teor de umidade foi desenvolvido com 10 corpos de prova para cada tratamento analisado, conforme as especificações da norma.

A norma NBR 14810-2 (2013) determina que para painéis do tipo P4 – Estruturais para uso em condição seca, o teor de umidade deve estar compreendido entre 5% a 13%, comparando com os resultados encontrados, foi verificado que os valores encontrados estão conforme as especificações, visto que o maior valor obtido no teor de umidade foi para o tratamento T4, com um valor médio de 6,79%, compreendido entre 5% e 13%.

Em comparação com os resultados de Valarelli (2016) e Nasser (2019) que utilizaram painéis de alta densidade, foi possível que para o tratamento analisado no estudo feito por Valarelli (2016), o teor de umidade médio foi de 7,38%, ou seja, maior que o valor encontrado no presente trabalho, enquanto que para o estudo de Nasser (2019) o tratamento 100% Teca apresentou um valor menor, obtendo em média um teor de umidade de 5,23%.

A Tabela 13 apresenta os resultados médios, máximos e mínimos do ensaio de teor de umidade para os tratamentos em análises.

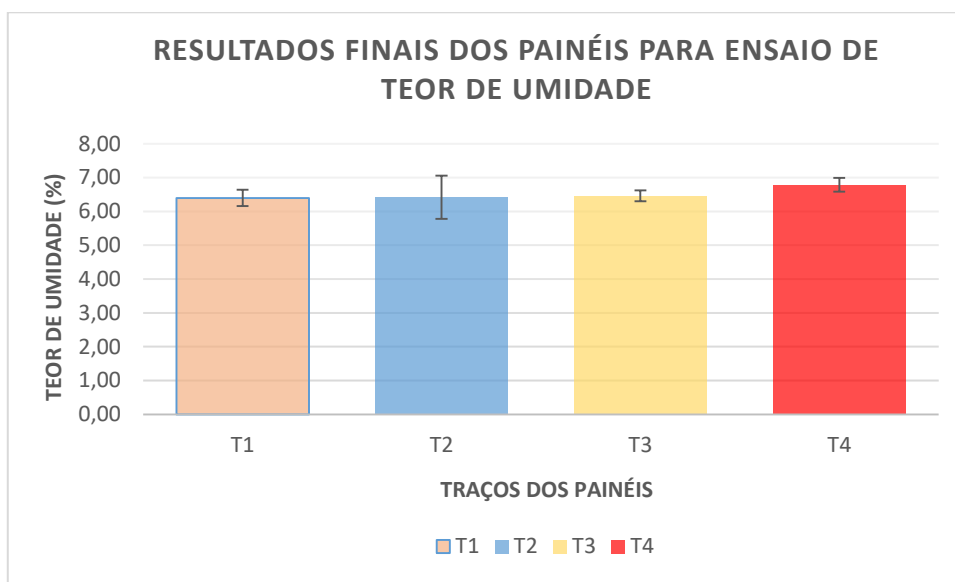
Tabela 13 – Resultados finais das amostras ensaio de teor de umidade

RESULTADOS FINAIS DAS AMOSTRAS - TEOR DE UMIDADE				
Valores	T1 - 100% Teca	T2 - 90% Teca + 10% Pupunha	T3 - 80% Teca + 20% Pupunha	T4 - 70% Teca + 30% Pupunha
Valor Máximo (%)	6,81	7,15	6,73	7,10
Valor Médio (%)	6,40	6,42	6,46	6,79
Valor Mínimo (%)	6,14	5,72	6,23	6,42
Coef. De Variação (%)	3,75	9,97	2,48	2,95
Desvio Padrão (%)	0,24	0,64	0,16	0,20

Fonte: Autora

Os resultados obtidos estão dispostos na Figura 34 comparando os valores encontrados com o desvio padrão dos tratamentos.

Figura 34 – Gráfico de desvio padrão dos tratamentos analisados – teor de umidade.



Fonte: Autora

Através de uma análise estatística realizada pelo teste de Tukey para o ensaio de teor de umidade (apêndice QQ), foi possível verificar que os resultados não apresentaram uma variação significativa entre os resultados, mesmo após a adição da palmeira Pupunha.

4.3.3- Ensaio de Absorção

O ensaio de absorção de água foi realizado com 10 corpos de prova para cada tratamento, conforme as orientações da NBR 14810-2 (2013). Para este ensaio a norma não apresenta valores de referência.

Analizado o ensaio de absorção de água, foi verificado que o tratamento que apresentou maior absorção foi T3, com um valor médio de 60,55%. O estudo de Valarelli (2016) apresenta valores próximos apresenta valores bem inferiores quando comparado com o presente trabalho, tendo 12,02% como valor médio no tratamento em análise.

Nasser (2019) para o tratamento 100% Teca, também apresentou valores inferiores aos apresentados no trabalho, sendo apresentado para o estudo de Nasser um valor médio de 16,45%, enquanto o tratamento T1 apresentou um valor de 51,62%.

A Tabela 14 apresenta os resultados médios, máximos e mínimos do ensaio de Absorção de água.

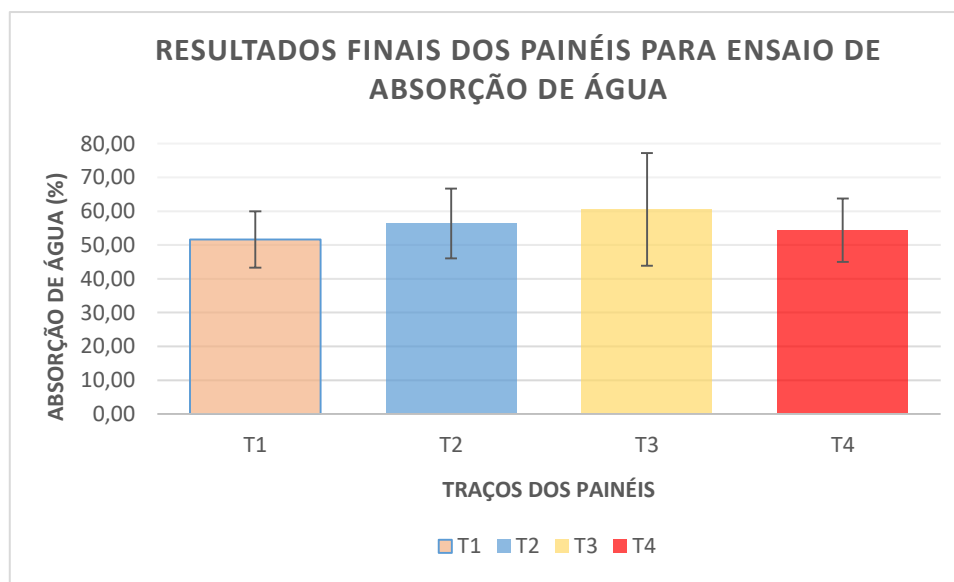
Tabela 14 – Resultados finais das amostras ensaio de absorção de água

RESULTADOS FINAIS DAS AMOSTRAS - ABSORÇÃO DE ÁGUA				
Valores	T1 - 100% Teca	T2 - 90% Teca + 10% Pupunha	T3 - 80% Teca + 20% Pupunha	T4 - 70% Teca + 30% Pupunha
Valor Máximo (%)	63,75	70,22	84,53	71,93
Valor Médio (%)	51,62	56,40	60,55	54,36
Valor Mínimo (%)	34,32	38,78	36,36	42,43
Coef. De Variação (%)	16,12	18,30	27,55	17,26
Desvio Padrão (%)	8,32	10,32	16,68	9,38

Fonte: Autora

Na Figura 35, os resultados encontrados para os tratamentos no ensaio de absorção de água são apresentados juntamente com o desvio padrão encontrado.

Figura 35 – Gráfico de desvio padrão dos tratamentos analisados – absorção de água.



Fonte: Autora

Através da análise estatística utilizando o teste de Tukey (apêndice RR) foi possível verificar que entre os tratamentos não houve diferença significativa nos valores apresentados.

4.3.4- Inchamento em Espessura

O ensaio de inchamento em espessura foi realizado com 10 corpos de prova para cada tratamento, conforme as orientações da NBR 14810-2 (2013). Para este ensaio a norma apresenta como referência valor máximo de 16% em relação a espessura inicial.

Feita uma comparação entre os resultados encontrados foi possível verificar que o tratamento que apresentou um maior inchamento em espessura foi T2 com valor médio de 13,6% e atendendo as especificações impostas pela norma. O estudo realizado por Valarelli (2016) apresentou para o tratamento em análise, um valor médio de inchamento em espessura de 5,01%, sendo satisfatório quando comparado com a NBR 14810-2. Nasser (2019) apresentou valores inferiores quando comparado ao tratamento 100% Teca do presente trabalho, com valor médio de 5,89%. Os trabalhos atenderam as especificações da norma. A Tabela 15 apresenta os resultados médios, máximos e mínimos do ensaio de inchamento em espessura para os tratamentos em análises.

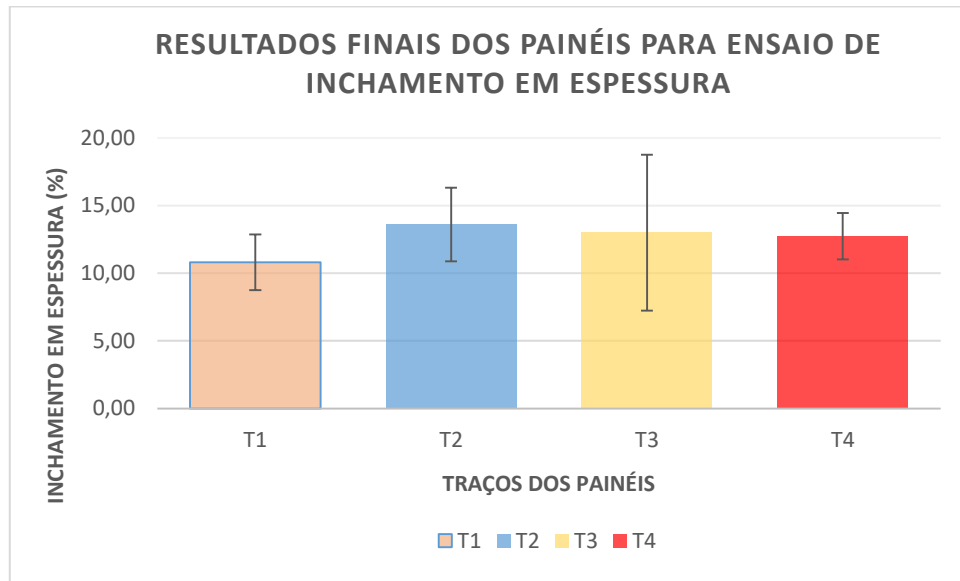
Tabela 15 – Resultados finais das amostras ensaio de inchamento em espessura

RESULTADOS FINAIS DAS AMOSTRAS - INCHAMENTO EM ESPESSURA				
Valores	T1 - 100% Teca	T2 - 90% Teca + 10% Pupunha	T3 - 80% Teca + 20% Pupunha	T4 - 70% Teca + 30% Pupunha
Valor Máximo (%)	13,78	18,87	29,24	15,93
Valor Médio (%)	10,80	13,60	13,00	12,74
Valor Mínimo (%)	7,01	10,84	10,30	10,82
Coef. De Variação (%)	19,07	20,07	44,38	13,50
Desvio Padrão (%)	2,06	2,73	5,77	1,72

Fonte: Autora

A Figura 36 apresenta o gráfico de desvio padrão do ensaio de Inchamento em espessura.

Figura 36- Gráfico de desvio padrão dos tratamentos analisados – inchamento em espessura.



Fonte: Autora

Através da análise estatística realizado pelo teste de Tukey (apêndice SS) foi verificado que os tratamentos não apresentaram diferenças significativas em relação aos resultados encontrados, mesmo após a adição de Pupunha.

4.4- TESTE DE TUKEY

O teste de Tukey foi aplicado a fim de localizar as diferenças significativas entre os grupos, esta análise foi realizada para todos os ensaios, mesmo os que apresentaram valores de p para ANOVA maiores que 0,05.

Através deste teste foi possível verificar que apenas os ensaios de Flexão Estática (MOR) e Tração perpendicular apresentaram significância. O teste de Tukey para o ensaio de flexão estática (MOR) identificou que as diferenças significativas foram encontradas entre as amostras A (T1 – 100% Teca) e D (T4 – 70% Teca+30% Pupunha) e para o ensaio de tração perpendicular identificou que as diferenças significativas foram encontradas entre as amostras A (T1 – 100% Teca) e C (T3 – 80% Teca+20% Pupunha) e as amostras A (T1 – 100% Teca) e D (T4 – 70% Teca+30% Pupunha).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A construção civil sempre foi considerada como uma das áreas mais agressivas ao meio ambiente, visto que muitas vezes nas etapas das construções, utilizam-se de muitos processos e produtos diretamente ligados ao desmatamento, recursos não renováveis e utilização de matéria prima nobre. Através da necessidade e preocupação com o meio ambiente, surgiu a ideia de produtos sustentáveis, ou seja, materiais alternativos que possibilitem o equilíbrio entre a crescente produção industrial e os resíduos gerados no planeta. Considerando os resultados encontrados no presente trabalho, foram dadas as considerações.

Os resultados foram obtidos segundo todas as orientações impostas pelas normas NBR 14810-2(2013) e ANSI 208 (1999). Através dos resultados obtidos foi possível verificar que os ensaios de módulo de elasticidade, tração perpendicular, densidade, teor de umidade e inchamento em espessura atenderam as especificações da NBR, os ensaios de Tração Superficial, Absorção, Dureza Janka não apresentam valores de referência pela NBR 14810-2 (2013) e ANSI A-208 (1999).

Os ensaios de arrancamento de parafuso Topo e Face e Resistência a Flexão, não atenderam as especificações da norma ANSI A-208 (1999) e NBR 14810-2 (2013) respectivamente. Através das comparações feitas entre os tratamentos foi possível verificar em 90% dos ensaios realizados o tratamento T1 com 100% Teca apresentou melhores resultados.

Considerando os valores encontrados na densidade dos painéis foi verificado que a maior densidade foi para o tratamento T1 com valor médio de 748,52 kg/m³ isso justifica os melhores resultados para o tratamento com 100% Teca, mas visto que as densidades não diferenciaram significativamente para os diferentes tratamentos, também não houve grande diferenciação encontradas para as propriedades mecânicas. As espécies de maior densidade são mais recomendadas quando se desejam maior durabilidade e resistência mecânica.

Os ensaios de tração perpendicular e superficial podem ser analisados devido ao fato de serem uma análise de ligação entre as partículas e o adesivo, dessa forma foi possível um melhor desempenho em painéis compostos de apenas um material, ou seja 100% Teca, sem qualquer adição de Pupunha.

Através dos resultados encontrados e a classificação escolhida P4- painéis estruturais em condições secas, foi possível verificar que estes painéis não seriam adequados para aplicações estruturais, visto que a propriedade de resistência a flexão não atendeu ao mínimo exigido pela norma, sendo uma propriedade de extrema importância para aplicações estruturais na construção civil.

Considerando os resultados de absorção do painel, não seria adequado o uso em formas para moldagem das estruturas na construção civil, visto que o percentual de absorção foi superior a 50%, o que atrapalharia no processo de secagem, pois ao entrar em contato com o concreto, a chapa iria absorver grande quantidade da água, gerando o processo de retração, ou seja, diminuição do volume, podendo ocasionar fissuras e rachaduras pela perda de água.

Considerando os resultados encontrados, as aplicações na área da construção civil poderiam ser como parede de divisória, apenas para fechamento de ambiente, sem a função estrutural, móveis, pisos de madeira e revestimos internos de parede.

5.1- TRABALHOS FUTUROS

Um futuro estudo a ser desenvolvido a fim de melhorar algumas propriedades mecânicas para uso em condições estruturais na construção civil, seria utilizar um painel de alta densidade, com 15% de adesivo, como matéria prima Teca e Pupunha, acrescentando um novo tratamento com a composição de 100% Pupunha.

6 REFERENCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14810-1**: Painéis de Partículas de Média Densidade, Parte 1: Terminologia. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14810-2**: Painéis de Partículas de Média Densidade, Parte 2: Requisitos e Métodos de Ensaio. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE – **ABIMCI**. Painéis de madeira fabricados no Brasil e suas particularidades. Curitiba, Artigo nº 1, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE PAINEIS DE MADEIRA – **ABIPA**. São Paulo. Abril, 2014.

ANSI, American National Standard – A208-1/1999 – **Particleboard** – 1999, p.13.

BNDES. BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO, 2002. WWW.BNDES.BR

ANGELI, A. **Tectona Grandis (Teca)**. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, Departamento de Ciências Florestais – ESALQ/USP. São Paulo, 2003. Disponível em: <https://www.ipef.br/identificacao/tectona.grandis.asp> , acessado em 14/05/2019.

ARAUJO, H. J. B. **AGRUPAMENTO DAS ESPÉCIES MADEIREIRAS OCORRENTES E PEQUENAS ÁREAS SOB MANEJO FLORESTAL DO PROJETO DE COLONIZAÇÃO PEDRO PEIXOTO (AC) POR SIMILARIDADE DAS PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS**. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo. Piracicaba. Julho/2002.

ARAUJO, R. T. ALTERNATIVAS SUSTENTÁVEIS DO USO DA MADEIRA NA CONSTRUÇÃO CIVIL, IPOG – INSTITUTO DE PÓS GRADUAÇÃO E GRADUAÇÃO, **REVISTA DA MADEIRA**, EDIÇÃO 139, MAIO/2014. Disponível em: http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=1744&subject=Constru%E7%E3o%20Civil&title=Alternativas%20sustent%E1veis%20de%20uso%20da%20madeira%20na%20constru%E7%E3o%20civil

CALIL JUNIOR, C. et. al. **Estruturas De Madeira**. Notas de Aula, Universidade de São Paulo, Escola De Engenharia De São Carlos, Departamento de Engenharia de Estruturas, São Carlos. Outubro. 1998.

CHAIMSOHN, F.P. Cultivo de pupunha e produção de palmito. Viçosa: **Aprenda Fácil**. 2000, 1 ed, v.1, p.121.

DACOSTA, L. P. E. et. al. **QUALIDADE DAS CHAPAS DE PARTÍCULAS AGLOMERADAS FABRICADAS COM RESÍDUOS DO PROCESSAMENTO MECÂNICO DA MADEIRA DE *Pinus elliottii* Engelm.** Ciência Florestal, Santa Maria, 2005, v. 15, n. 3, p. 311-322. ISSN 0103-9954

FLORÉZ, J. B. **Caracterização Tecnológica Da Madeira Jovem De Teca (*Tectona grandis* L.f.)**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Lavras, Lavras – Minas Gerais, 2012.

FOELKEL, C. E. B.; BRASIL, M. A. M.; BARRICHELO, L. E. G.; **Métodos para determinação da densidade Básica de Cavacos para Coníferas e Folhosas**. Santa Catarina, 1971. Disponível em: <https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr02-03/cap04.pdf>

HENZ, G.P.; CARDOSO, F.B. **Absorção de água e proliferação de fungos em madeira de Pinus usada como embalagem para hortaliças**. Horticultura Brasileira, Brasília, v.23, n.1, p. 138-142, jan.-mar. 2005.

IWAKIRI, S. et. Al. Avaliação das Propriedades de Painéis Aglomerados Produzidos com Resíduos de Serrarias de Nove Espécies de Madeiras Tropicais da Amazônia. **Acta Amazônia**, vol. 42, 59 – 64, 2012.

IWAKIRI, S. **Paineis de Madeira Reconstituída**. Curitiba: Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná; 2005.

IWAKIRI, S. et. al. **Produção de painéis de madeira aglomerada de alta densificação com diferentes tipos de resinas**. SCIENTIA FORESTALIS, n. 68, p.39-43, ago. 2005b.

IWAKIRI, S. et. al. PRODUÇÃO DE PAINÉIS DE MADEIRA AGLOMERADA DE GREVILLEA ROBUSTA. **Sociedade de Investigações Florestais**, Viçosa, Minas Gerais, v. 28, n.6, p.883-887, 2004.

JOSÉ, F. J. **CHAPA DE PARTÍCULAS HOMOGÊNEAS DE BAMBU AGLOMERADAS COM RESINA POLIURETANA BI-COMPONENTE À BASE DE ÓLEO DE MAMONA**. Tese De Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola. Campinas, 2006.

JESUS, M. A.; ABREU, R. L. S. Durabilidade Natural da Madeira de Pupunha (*Bactris Gasipaes* Kunth). I. Fungos. **Acta Amazônica**, 32(4), 663-675. 2002.

LACOMBE, J. E. A. **Paineis de Madeira Aglomerada Produzidos com Resíduos de Serragem e Poliestireno Expandido para Aplicações na Construção Civil**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo – Instituto de Arquitetura e Urbanismo. São Carlos, 2015.

LAHR, F. A. R. Adesivo à Base de Mamona para Compensado. **Revista da Madeira**, Universidade De São Paulo, Escola De Engenharia De São Carlos, Edição 72, maio/2013.

LIMA, E. G. SILVA, D. A. RESÍDUOS GERADOS EM INDÚSTRIAS DE MÓVEIS DE MADEIRA SITUADAS NO PÓLO MOVELEIRO DE ARAPONGAS-PR. **FLORESTA**, Curitiba, PR, v.35, n. 1, jan./abr. 2005.

LIMA, T. A. M.; MAGALHÃES, W. L. E. Produção de Painéis de Pupunha com diferentes Tipos de Resinas. **EBRAMEM** - XI Encontro Brasileiro em Madeira e Estruturas de Madeira, Londrina, Julho, 2008.

LOGSDON, N. B. **Influência da umidade nas Propriedades de Resistencia e Rigidez da madeira.** Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, Escola De Engenharia De São Carlos, Departamento de Engenharia de Estruturas, São Carlos, 1998.

MACIEL, A. S. **PAINÉIS DE PARTÍCULAS AGLOMERADAS DE MADEIRA DE *Pinus elliottii* Engelm., POLIESTIRENO (PS) E POLIETILENO TEREFALATO (PET).** Sociedade de Investigações Florestais, 2004. Viçosa-MG, v.28, n.2, p.257-266.

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

MACEDO, L. B. et. al. **Propriedades físicas de painéis aglomerados de madeira produzidos com adição de película de polipropileno biorientado.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.19, n.7, p.674–679, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n7p674-679>

MARTINS, E. H. **Painéis Aglomerados Convencionais Produzidos Com Madeira De *Cecropia Pachystachya*.** Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.10, n.19;P. 1425, 2014.

MATRICARDI, Wagner Antonio Trondoli; COUTO, Hilton Thadeu Zarate do. **Efeitos dos fatores do solo sobre o desenvolvimento da teca (*tectona grandis* L. F.) Cultivada na grande caceres - Mato Grosso.** Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1989.

MENDES, A. C. P. et. al. **DETERMINAÇÃO DA UMIDADE DE EQUILIBRIO HIGROSCÓPICO DA MADEIRA PARA A CIDADE DE SALINAS – NORTE DE MINAS GERAIS.** Sic (Seminário de Iniciação científica) EVENTOS DO IFNMG, Montes Claros, v. 5, 2010.

MORAES, J. E. **Valor Nutritivo e Formas De Utilização do Resíduo de Palmito de Pupunha (*Bactris gasipaes*) para Ruminantes.** Dissertação de Mestrado, Instituto de Zootecnia, Nova Odessa, 2011.

MORESCHI, J. C. **Propriedades da Madeira.** Universidade Federal do Paraná (UFPR), Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal, Curitiba, 2014a.

MORESCHI, J. C. **Relação Água-Madeira E Sua Secagem.** Universidade Federal do Paraná (UFPR), Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal, Curitiba, 2014b.

MOSLEMI, A.A. Particleboard: Materials. **Illinois: Southern Illinois University Press**, 1974. v.1. 244p.

NASSER, S. M. **Painéis Com Partículas De Madeira Da Espécie Teca E Casca De Amendoim Com Adesivo À Base De Mamona**. Doutorado Em Engenharia Mecânica, Unesp – Universidade Estadual Paulista “Julio De Mesquita Filho”, Bauru, 2019.

NETO, P. G. S., ALCÂNTARA, R. L. **FERRAMENTAS DE SUSTENTABILIDADE EM EDIFICAÇÕES**. Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) / Campus Angicos/RN. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental Santa Maria, v. 19, n. 3, set-dez. 2015, p. 505-528

NEVES, E. J. M. et. al. **Produção de palmito de pupunha (*Bactris gasipaes*) sob diferentes densidades de plantio**. Boletim de Pesquisa em Fitotecnia, Colombo, n. 51, p.57-73, 2005.

PALMITOS ROSOLEN. Pupunha. Cajobi, 2010. Disponível em: <http://www.palmitosrosolen.com.br/> . Acesso em: 10/08/2019.

Passos CAM, Bufulin L, Gonçalves MR. **Avaliação silvicultural de *Tectona grandis* L.f em Cáceres – MT**. Ciência Florestal, Santa Maria, 2006; 16(2): 225-232.

PEREIRA, S. S. C. **AVALIAÇÃO EXPERIMENTAL DAS PRINCIPAIS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE PEÇAS ESTRUTURAIS EM MADEIRA ANTIGA**. Dissertação de mestrado, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto. Julho/2009.

PFEIL, W. PFEIL, M. **Estruturas de Madeira**. LTC. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 6ª Ed. 2003.

PIZZI, A. ; MITTAL, K.L. **Handbook of adhesive technology**. 2ª Edição. Editora Taylor&Francis. Nova York, 2003.

RITTER, M. A. **Timber Bridges**. Forest Products Laboratory - Forest Service, Madison, 1990.

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

STANGERLIN, D. M. et. al. PROPRIEDADES DE FLEXÃO ESTÁTICA DA MADEIRA DE *Carya illinoensis* EM DUAS CONDIÇÕES DE UMIDADE. Ciência da Madeira, Pelotas, v. 01, n. 02, p. 70-79, novembro de 2010 ISSN: 2177-6830.

TSOUMIS, G. **Science and technology of wood. Structure, properties, utilization**. New York: Chapman & Hall, 1991. 494p.

VALARELLI, I. D. **Painéis de Partículas de Materiais Alternativos: Produção e Avaliação de Desempenho**, Tese Livre-Docente, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Bauru, 2016.

7 APÊNDICES

APÊNDICE A – Ensaio de Flexão Estática T1 (100% TECA)

UNESP - Universidade Estadual Paulista

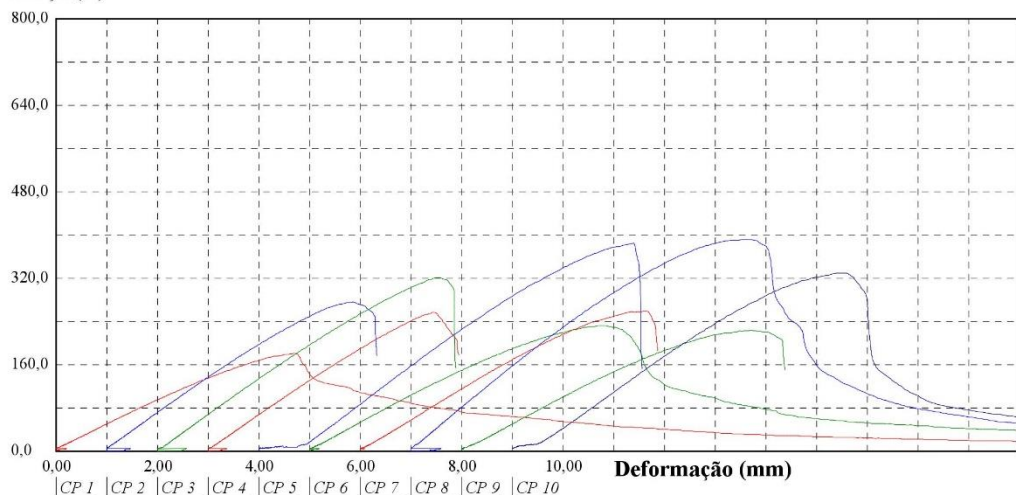
Faculdade de Engenharia de Bauru - Laboratório de Construção Civil

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL30000N** Célula: **Trd 26** Extensômetro: - Data: **01/10/2019** Hora: **14:41:35** Trabalho nº **3789**
 Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Chapa Aglomerado Flexão estática B MOE NBR14810**
 Ident. Amostra: >>>>>>>>>>>> Material: **T1 - TECA** Traço: **100% TECA** Projeto Pesquisa: **DOCTORADO LARISSA**

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	12,53	49,58	217,90	7	181,55	8,75	1802,68
CP 2	12,38	49,65	217,90	7	276,48	13,63	2751,02
CP 3	12,39	49,62	217,90	7	321,53	15,83	2792,36
CP 4	12,51	49,67	217,90	7	257,08	12,40	2592,09
CP 5	12,41	49,62	217,90	7	385,28	18,91	2923,55
CP 6	12,47	49,55	217,90	7	232,83	11,33	2055,53
CP 7	12,87	49,63	217,90	7	259,85	11,85	2101,85
CP 8	12,93	49,65	217,90	7	391,51	17,69	2856,69
CP 9	12,91	49,70	217,90	7	224,51	10,16	1830,97
CP 10	12,99	49,57	217,90	7	330,53	14,82	2343,44
Número CPs	10	10	10	10	10	10	10
Média	12,64	49,62	217,9	7,000	286,1	13,54	2405
Desv. Padrão	0,2524	0,04671	0,0000	0,0000	69,41	3,271	433,1
Coef. Var. (%)	1,997	0,09414	0,0000	0,0000	24,26	24,16	18,01
Mínimo	12,38	49,55	217,9	7,000	181,6	8,746	1803
Máximo	12,99	49,70	217,9	7,000	391,5	18,91	2924

Força (N)



APÊNDICE B – Ensaio de Flexão Estática T2 (90% TECA + 10% PUPUNHA)

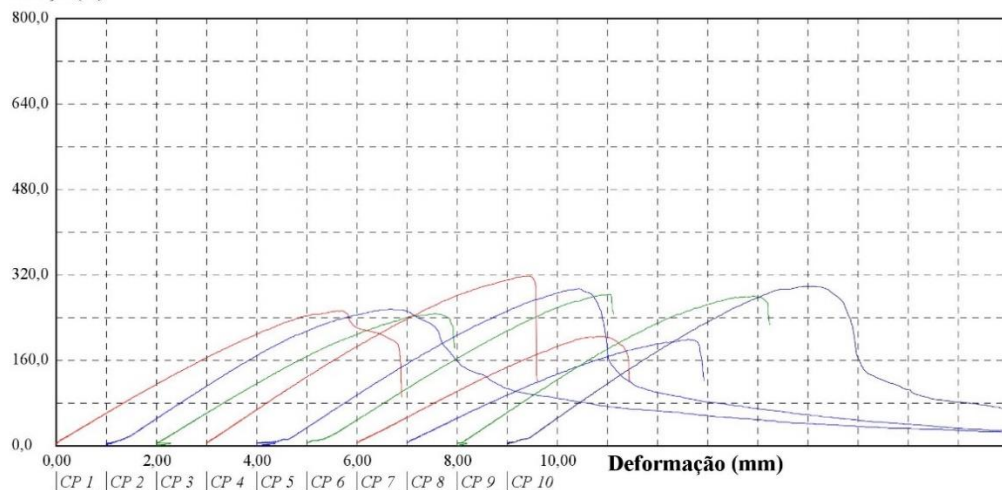
UNESP - Universidade Estadual Paulista Faculdade de Engenharia de Bauru - Laboratório de Construção Civil

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL30000N** Célula: **Trd 26** Extensômetro: - Data: **01/10/2019** Hora: **14:42:34** Trabalho n° **3790**
 Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Chapa Aglomerado Flexão estática B MOE NBR14810**
 Ident. Amostra: > Material: **T2 - TECA + PUP** Traço: **90% TECA + 10% PUP** Projeto Pesquisa: **DOCTORADO LARISSA**

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	12,66	50,28	261,20	7	252,92	11,77	2073,59
CP 2	12,64	50,21	261,20	7	256,39	11,99	2343,30
CP 3	12,75	50,25	261,20	7	248,07	11,39	2090,64
CP 4	12,77	50,19	261,20	7	318,75	14,60	2318,25
CP 5	12,70	50,31	261,20	7	294,50	13,61	2284,53
CP 6	12,72	50,21	261,20	7	284,11	13,11	2215,94
CP 7	12,71	50,22	261,20	7	205,80	9,51	1809,01
CP 8	12,65	50,17	261,20	7	199,57	9,32	1632,94
CP 9	12,77	50,25	261,20	7	280,64	12,84	2305,98
CP 10	12,72	50,26	261,20	7	299,35	13,80	2448,45
Número CPs	10	10	10	10	10	10	10
Média	12,71	50,24	261,2	7,000	264,0	12,20	2152
Desv. Padrão	0,04725	0,04275	0,0000	0,0000	39,20	1,763	257,0
Coef.Var.(%)	0,3718	0,08511	0,0000	0,0000	14,85	14,46	11,94
Mínimo	12,64	50,17	261,2	7,000	199,6	9,322	1633
Máximo	12,77	50,31	261,2	7,000	318,8	14,60	2448

Força (N)



APÊNDICE C– Ensaio de Flexão Estática T3 (80% TECA + 20% PUPUNHA)

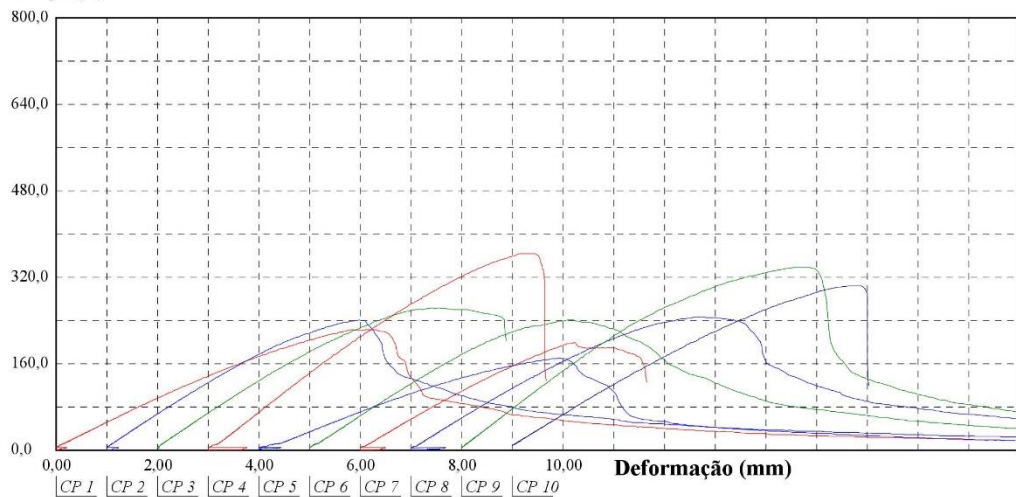
UNESP - Universidade Estadual Paulista Faculdade de Engenharia de Bauru - Laboratório de Construção Civil

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL30000N** Célula: **Trd 26** Extensômetro: - Data: **01/10/2019** Hora: **14:42:59** Trabalho n° **3791**
 Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Chapa Aglomerado Flexão estática B MOE NBR14810**
 Ident. Amostra: > Material: **T3 - TECA + PUPU** Traço: **80% TECA + 20% PUPU** Projeto Pesquisa: **DOUTORADO LARISSA**

Corpo de Prova	espessura (mm)	largura (mm)	P est (N)	velocidade carga (mm/min)	carga ruptura P (N)	MOR (MPa)	MOE 10% a 50% (MPa)
CP 1	12,77	50,15	301,40	7	223,82	10,26	1602,97
CP 2	12,73	50,24	301,40	7	241,14	11,11	2195,17
CP 3	12,63	50,22	301,40	7	264,01	12,36	2315,68
CP 4	12,77	50,14	301,40	7	364,49	16,72	2716,52
CP 5	12,61	50,15	301,40	7	171,16	8,05	1234,93
CP 6	12,55	50,28	301,40	7	241,14	11,42	2332,19
CP 7	12,63	50,19	301,40	7	199,57	9,35	1956,31
CP 8	12,58	50,17	301,40	7	247,38	11,68	2129,71
CP 9	12,82	50,23	301,40	7	339,54	15,42	2618,96
CP 10	12,58	50,23	301,40	7	304,90	14,38	2143,39
Número CPs	10	10	10	10	10	10	10
Média	12,67	50,20	301,4	7,000	259,7	12,08	2125
Desv. Padrão	0,09627	0,04690	0,0000	0,0000	60,55	2,721	443,7
Coef. Var. (%)	0,7600	0,09343	0,0000	0,0000	23,32	22,53	20,88
Mínimo	12,55	50,14	301,4	7,000	171,2	8,049	1235
Máximo	12,82	50,28	301,4	7,000	364,5	16,72	2717

Força (N)



APÊNDICE D– Ensaio de Flexão Estática T4 (70% TECA + 30% PUPUNHA)

UNESP - Universidade Estadual Paulista

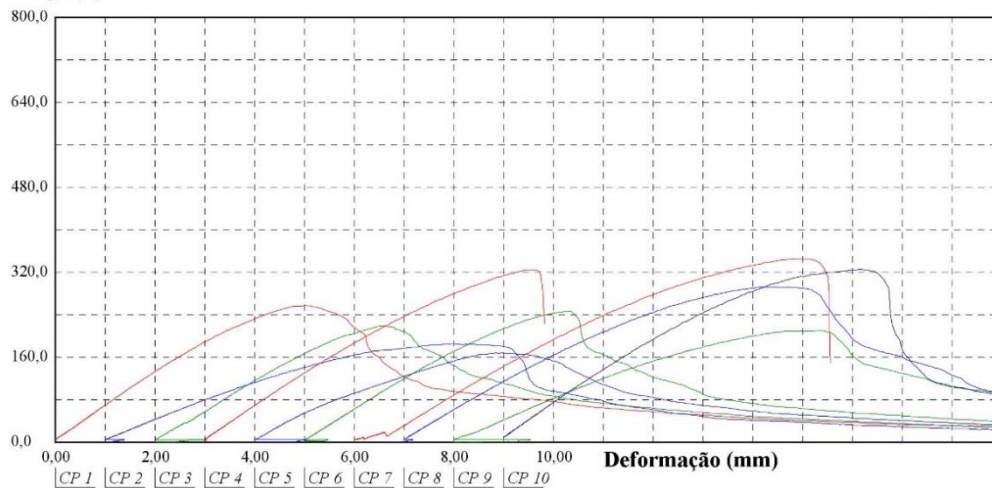
Faculdade de Engenharia de Bauru - Laboratório de Construção Civil

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL30000N** Célula: **Trd 26** Extensômetro: - Data: **01/10/2019** Hora: **14:43:24** Trabalho nº **3792**
 Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Chapa Aglomerado Flexão estática B MOE NBR14810**
 Ident. Amostra: > Material: **T4 - TECA + PUPU** Traço: **70% TECA + 30% PUPU** Projeto Pesquisa: **DOCTORADO LARISSA**

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	12,65	49,58	318,80	7	257,08	12,15	2448,74
CP 2	12,53	49,52	318,80	7	186,40	8,99	1259,82
CP 3	12,71	49,55	318,80	7	219,66	10,29	2094,18
CP 4	12,91	49,55	318,80	7	324,99	14,76	2235,76
CP 5	12,71	49,54	318,80	7	169,08	7,92	1321,93
CP 6	12,21	49,57	318,80	7	246,69	12,52	2440,52
CP 7	12,80	49,56	318,80	7	345,78	15,97	2078,58
CP 8	12,99	49,59	318,80	7	293,12	13,14	1876,31
CP 9	12,94	49,60	318,80	7	210,65	9,51	1340,86
CP 10	13,79	48,96	318,80	7	325,68	13,12	1896,30
Número CPs	10	10	10	10	10	10	10
Média	12,82	49,50	318,8	7,000	257,9	11,84	1899
Desv. Padrão	0,4085	0,1919	0,0000	0,0000	62,25	2,597	451,3
Coef. Var. (%)	3,185	0,3877	0,0000	0,0000	24,14	21,94	23,76
Mínimo	12,21	48,96	318,8	7,000	169,1	7,923	1260
Máximo	13,79	49,60	318,8	7,000	345,8	15,97	2449

Força (N)



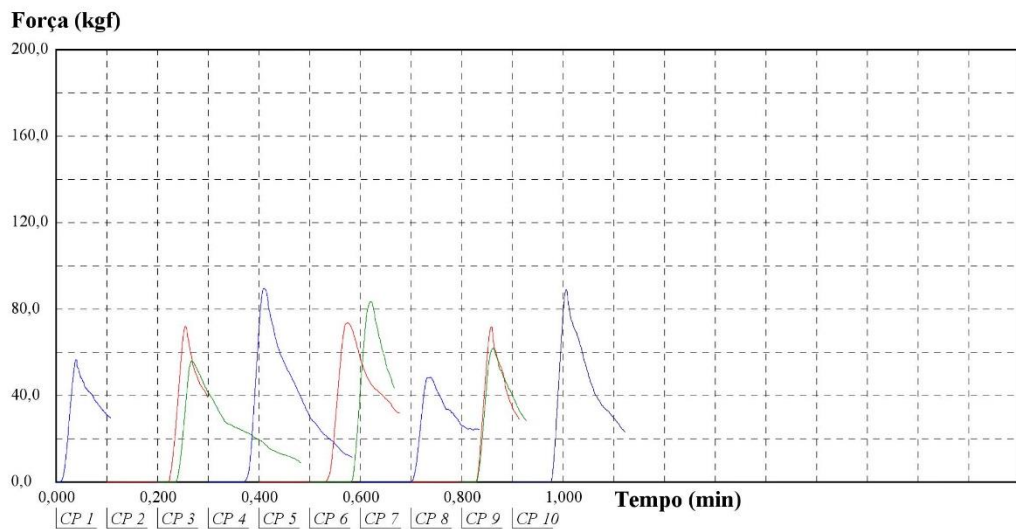
APÊNDICE E – Ensaio de Arrancamento Topo de Parafuso T1 (100% TECA)

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

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL30000N** Célula: **Trd 26** Extensômetro: - Data: **23/10/2019** Hora: **12:23:41** Trabalho nº **3834**
 Programa: **Tesc vers** Método de Ensaio: **LARISSA DOUTORADO PAINEL Aglomerado Arrancamento Topo de Parafuso**
 Ident. Amostra: > Material: **Painel Aglomerado T1 - 100%** Ensaio: **Arrancamento parafuso** Interessado: **Doutorado LARISSA**

Corpo de Prova	Força Máxima (kgf)
CP 1	56,76
CP 2	72,00
CP 3	56,12
CP 4	89,79
CP 5	73,84
CP 6	83,51
CP 7	48,57
CP 8	71,79
CP 9	62,05
CP 10	89,09
Número CPs	10
Média	70,35
Desv. Padrão	14,34
Coef. Var. (%)	20,38
Mínimo	48,57
Máximo	89,79



Observação: Arrancamento de Parafuso Topo T1 - 100% TECA

APÊNDICE F – Ensaio de Arrancamento Topo de Parafuso T2 (90% TECA + 10% PUPUNHA)

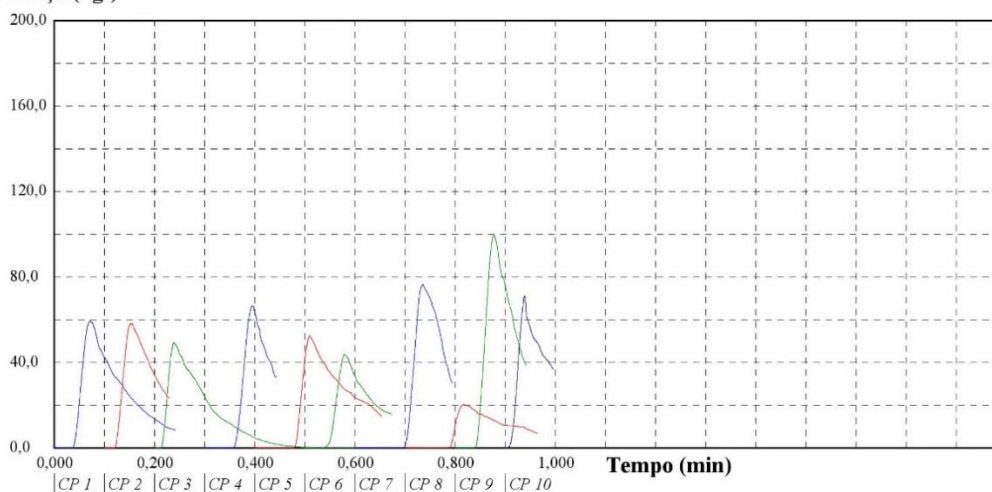
UNESP - Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Engenharia de Bauru - Laboratório de Construção Civil

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL30000N** Célula: **Trd 26** Extensômetro: - Data: **23/10/2019** Hora: **12:24:56** Trabalho n° **3835**
Programa: **Tesc vers** Método de Ensaio: **LARISSA DOUTORADO PAINEL Aglomerado Arrancamento Topo de Parafuso**
Ident. Amostra: > Material: **Painel Aglomerado T2 - 90% TECA+** Ensaio: **Arrancamento** Interessado: **Doutorado LARISSA**

Corpo de Prova	Força Máxima (kgf)
CP 1	59,58
CP 2	58,45
CP 3	49,56
CP 4	66,64
CP 5	52,59
CP 6	43,84
CP 7	76,73
CP 8	20,33
CP 9	99,68
CP 10	71,30
Número CPs	10
Média	59,87
Desv. Padrão	21,15
Coef. Var. (%)	35,33
Mínimo	20,33
Máximo	99,68

Força (kgf)



Observação: Arrancamento de Parafuso Topo T2 - 90% TECA + 10% PUPUNHA

APÊNDICE G – Ensaio de Arrancamento Topo de Parafuso T3 (80% TECA + 20% PUPUNHA)

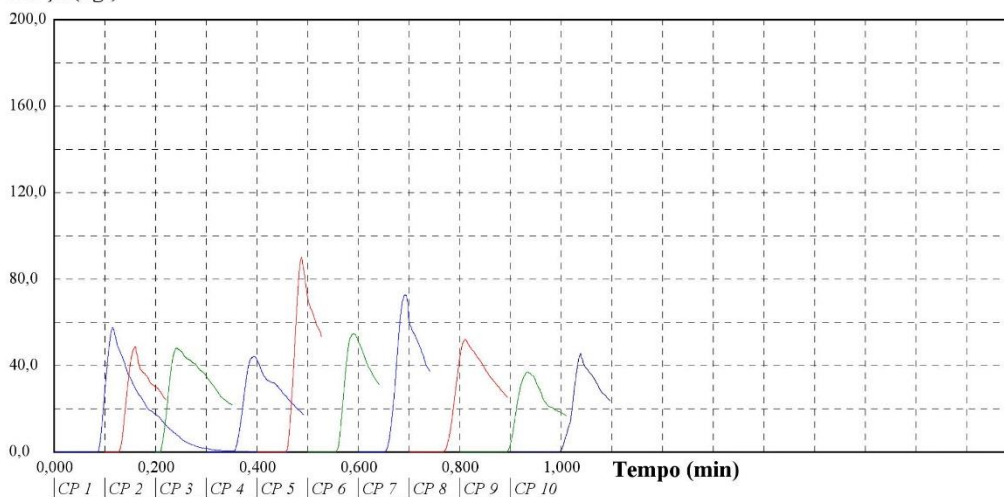
UNESP - Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Engenharia de Bauru - Laboratório de Construção Civil

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL30000N** Célula: **Trd 26** Extensômetro: - Data: **23/10/2019** Hora: **12:25:52** Trabalho nº **3836**
Programa: **Tesc vers** Método de Ensaio: **LARISSA DOUTORADO** Pannel Aglomerado Arrancamento Topo de Parafuso
Ident. Amostra: > Material: **Painel Aglomerado T3 - 80% TECA + 20% PUPUNHA** Ensaio: **Arrancamento** Interessado: **Doutorado LARISSA**

Corpo de Prova	Força Máxima (kgf)
CP 1	57,60
CP 2	48,92
CP 3	48,21
CP 4	44,40
CP 5	90,15
CP 6	54,85
CP 7	72,85
CP 8	52,24
CP 9	37,20
CP 10	45,74
Número CPs	10
Média	55,22
Desv. Padrão	15,51
Coef. Var. (%)	28,09
Mínimo	37,20
Máximo	90,15

Força (kgf)



Observação: Arrancamento de Parafuso Topo T3 - 80% TECA + 20% PUPUNHA

APÊNDICE H – Ensaio de Arrancamento Topo de Parafuso T4 (70% TECA + 30% PUPUNHA)

UNESP - Universidade Estadual Paulista

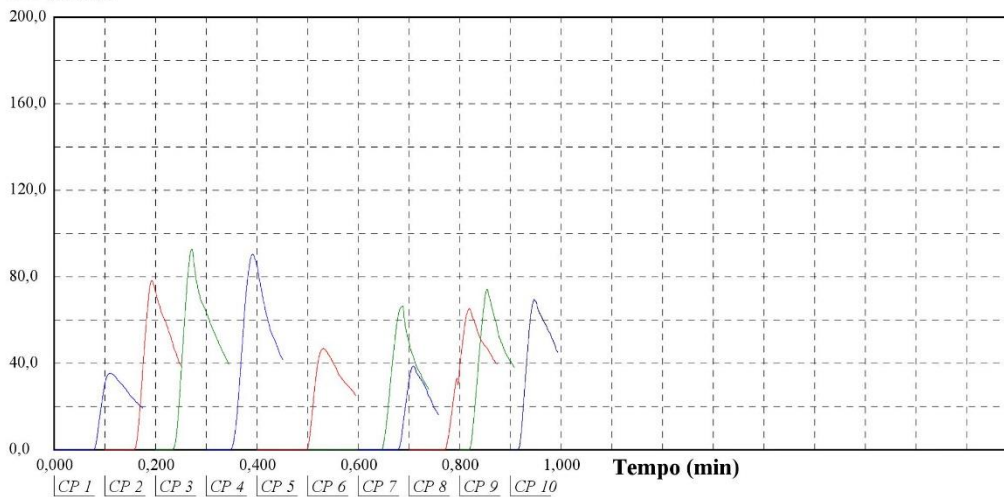
Faculdade de Engenharia de Bauru - Laboratório de Construção Civil

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL30000N** Célula: **Trd 26** Extensômetro: - Data: **23/10/2019** Hora: **12:26:36** Trabalho nº **3837**
 Programa: **Tesc vers** Método de Ensaio: **LARISSA DOUTORADO** Painei Aglomerado Arrancamento Topo de Parafuso
 Ident. Amostra: > Material: **Painel Aglomerado T4 - 70% TECA + 30% PUPUNHA** Ensaio: **Arrancamento** Interessado: **Doutorado LARISSA**

Corpo de Prova	Força Máxima (kgf)
CP 1	35,58
CP 2	78,36
CP 3	92,90
CP 4	90,50
CP 5	47,01
CP 6	66,43
CP 7	38,83
CP 8	65,37
CP 9	74,19
CP 10	69,67
Número CPs	10
Média	65,88
Desv. Padrão	19,95
Coef. Var. (%)	30,28
Mínimo	35,58
Máximo	92,90

Força (kgf)



Observação: Arrancamento de Parafuso Topo T4 - 70% TECA + 30% PUPUNHA

APÊNDICE I – Ensaio de Arrancamento Face de Parafuso T1 (100% TECA)

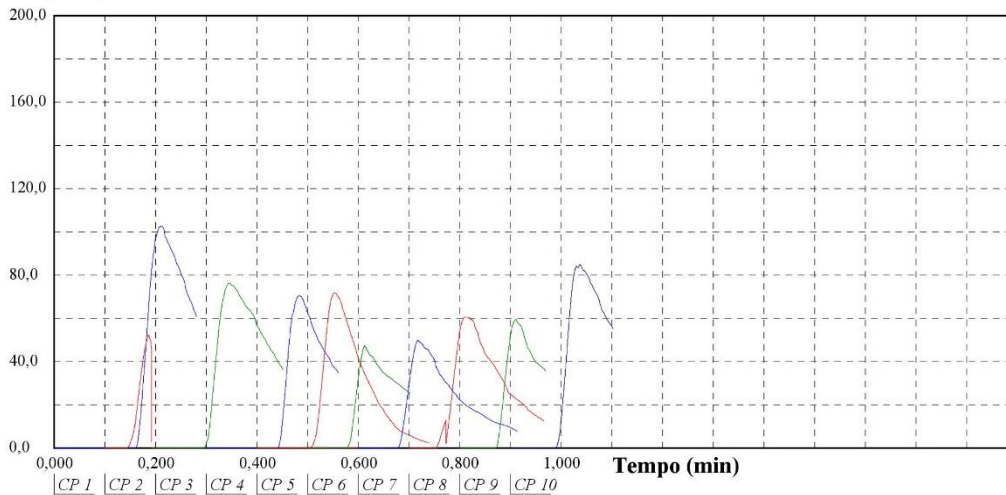
UNESP - Universidade Estadual Paulista Faculdade de Engenharia de Bauru - Laboratório de Construção Civil

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL30000N** Célula: **Trd 26** Extensômetro: - Data: **23/10/2019** Hora: **10:36:44** Trabalho n° **3829**
 Programa: **Tesc vers** Método de Ensaio: **LARISSA DOUTORADO - Painei Aglomerado Arrancamento Face de Parafuso**
 Ident. Amostra: > Material: **Painei Aglomerado T1 - 100%** Ensaio: **Arrancamento parafus** Interessado: **Doutorado LARISSA**

Corpo de Prova	Força Máxima (kgf)
CP 1	102,92
CP 2	52,45
CP 3	76,38
CP 4	70,66
CP 5	71,86
CP 6	47,72
CP 7	49,91
CP 8	60,71
CP 9	59,58
CP 10	84,92
Número CPs	10
Média	67,71
Desv. Padrão	17,33
Coef.Var.(%)	25,59
Mínimo	47,72
Máximo	102,9

Força (kgf)



Observação: Arrancamento de Parafuso FACE T1 - 100%Teca

APÊNDICE J – Ensaio de Arrancamento Face de Parafuso T2 (90% TECA + 10% PUPUNHA)

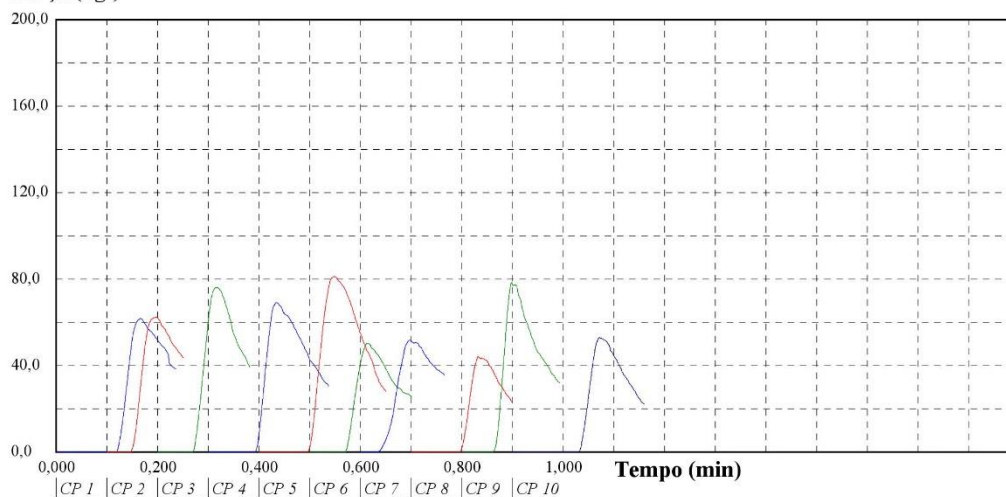
UNESP - Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Engenharia de Bauru - Laboratório de Construção Civil

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL30000N** Célula: **Trd 26** Extensômetro: - Data: **23/10/2019** Hora: **10:38:04** Trabalho nº **3830**
Programa: **Tesc vers** Método de Ensaio: **LARISSA DOUTORADO - Painei Aglomerado Arrancamento Face de Parafuso**
Ident. Amostra: > Material: **Painei Aglomerado T2 - 90% TECA + 10% PUPUNHA** Ensaio: **Arrancamento** Interessado: **Doutorado LARISSA**

Corpo de Prova	Força Máxima (kgf)
CP 1	61,91
CP 2	62,62
CP 3	76,24
CP 4	69,32
CP 5	81,39
CP 6	50,40
CP 7	51,81
CP 8	44,33
CP 9	78,64
CP 10	53,16
Número CPs	10
Média	62,98
Desv. Padrão	13,03
Coef. Var. (%)	20,69
Mínimo	44,33
Máximo	81,39

Força (kgf)



Observação: Arrancamento de Parafuso FACE T2 - 90%Teca + 10% PUPUNHA

APÊNDICE K – Ensaio de Arrancamento Face de Parafuso T3 (80% TECA + 20% PUPUNHA)

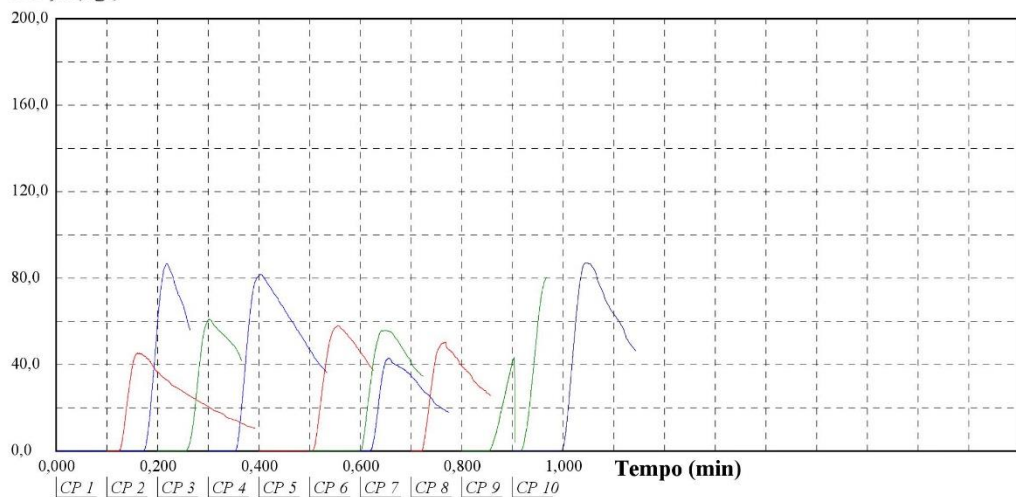
UNESP - Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Engenharia de Bauru - Laboratório de Construção Civil

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL30000N** Célula: **Trd 26** Extensômetro: - Data: **23/10/2019** Hora: **10:38:53** Trabalho nº **3831**
Programa: **Tesc vers** Método de Ensaio: **LARISSA DOUTORADO - Painei Aglomerado Arrancamento Face de Parafuso**
Ident. Amostra: > Material: **Painei Aglomerado T3 - 80% TECA +** Ensaio: **Arrancament** Interessado: **Doutorado LARISSA**

Corpo de Prova	Força Máxima (kgf)
CP 1	86,76
CP 2	45,46
CP 3	61,13
CP 4	81,82
CP 5	58,10
CP 6	55,91
CP 7	43,13
CP 8	50,54
CP 9	80,33
CP 10	87,11
Número CPs	10
Média	65,03
Desv. Padrão	17,30
Coef. Var. (%)	26,61
Mínimo	43,13
Máximo	87,11

Força (kgf)



Observação: Arrancamento de Parafuso FACE T3 - 80%Teca + 20% PUPUNHA

APÊNDICE L – Ensaio de Arrancamento Face de Parafuso T4 (70% TECA + 30% PUPUNHA)

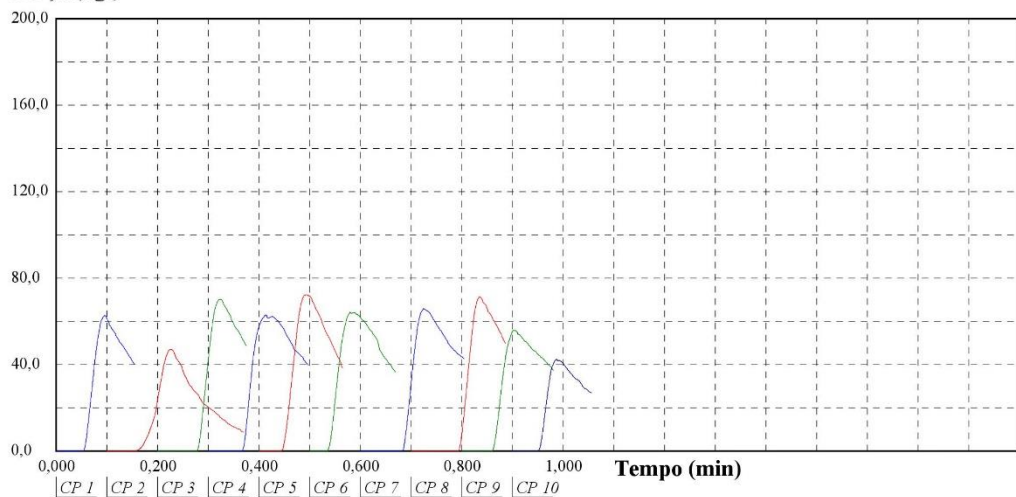
UNESP - Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Engenharia de Bauru - Laboratório de Construção Civil

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL30000N** Célula: **Trd 26** Extensômetro: - Data: **23/10/2019** Hora: **10:39:30** Trabalho nº **3832**
Programa: **Tesc vers** Método de Ensaio: **LARISSA DOUTORADO - Painei Aglomerado Arrancamento Face de Parafuso**
Ident. Amostra: > Material: **Painel Aglomerado T4 - 70% TECA + 30% PUPUNHA** Ensaio: **Arrancamento** Interessado: **Doutorado LARISSA**

Corpo de Prova	Força Máxima (kgf)
CP 1	62,90
CP 2	47,01
CP 3	70,38
CP 4	63,18
CP 5	72,50
CP 6	64,31
CP 7	65,93
CP 8	71,51
CP 9	56,05
CP 10	42,57
Número CPs	10
Média	61,63
Desv. Padrão	10,17
Coef. Var. (%)	16,49
Mínimo	42,57
Máximo	72,50

Força (kgf)



Observação: Arrancamento de Parafuso FACE T4 - 70%Teca + 30% PUPUNHA

APÊNDICE M – Ensaio de Dureza Janka T1 (100% TECA)

UNESP - Universidade Estadual Paulista

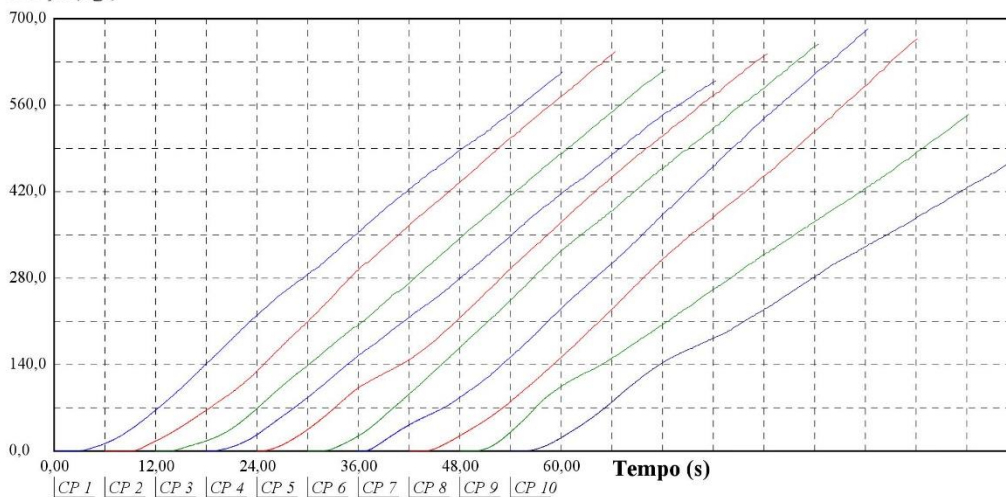
Faculdade de Engenharia de Bauru - Laboratório de Construção Civil

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL30000N** Célula: **Trd 26** Extensômetro: - Data: **08/10/2019** Hora: **10:40:42** Trabalho n° **3795**
 Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Painel Aglomerado LARISSA dureza Janka**
 Ident. Amostra: > Espécie: **PAINEL AGLOMERADO T1 - 100%** Traço: **T1 - 100%** interessado: **DOUTORADO LARISSA**

Corpo de Prova	seção (cm ²)	Fc0,max (kgf)	fc0 (MPa)
CP 1	1,00	614,68	60,28
CP 2	1,00	647,04	63,45
CP 3	1,00	617,01	60,51
CP 4	1,00	599,98	58,84
CP 5	1,00	643,23	63,08
CP 6	1,00	659,34	64,66
CP 7	1,00	683,79	67,05
CP 8	1,00	667,46	65,45
CP 9	1,00	545,86	53,53
CP 10	1,00	477,74	46,85
Número CPs	10	10	10
Média	1,000	615,6	60,37
Desv.Padrão	0,0000	62,47	6,126
Coef.Var.(%)	0,0000	10,15	10,15
Mínimo	1,000	477,7	46,85
Máximo	1,000	683,8	67,05

Força (kgf)



Observação: Dureza Janka norma NBR 14810-2 (2013) Painel 100% Teca

APÊNDICE N – Ensaio de Dureza Janka T2 (90% TECA+ 10%PUPUNHA)

UNESP - Universidade Estadual Paulista

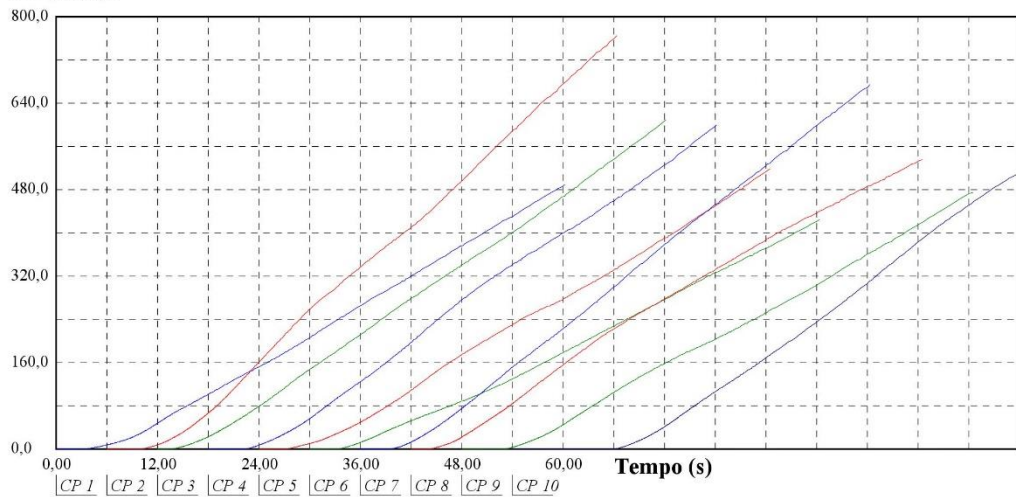
Faculdade de Engenharia de Bauru - Laboratório de Construção Civil

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL30000N** Célula: **Trd 26** Extensômetro: - Data: **08/10/2019** Hora: **10:46:05** Trabalho n° **3797**
 Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Painel Aglomerado LARISSA dureza Janka**
 Ident. Amostra: > Espécie: **Painel Aglomerado** Traço: **T2 - 90% TECA+10% PUPUNHA** Interessado: **Doutorado LARISSA**

Corpo de Prova	seção (cm ²)	Fc0,max (kgf)	fc0 (MPa)
CP 1	1,00	490,17	48,07
CP 2	1,00	765,12	75,03
CP 3	1,00	609,10	59,73
CP 4	1,00	599,49	58,79
CP 5	1,00	518,51	50,85
CP 6	1,00	425,31	41,71
CP 7	1,00	674,53	66,15
CP 8	1,00	536,53	52,61
CP 9	1,00	475,69	46,65
CP 10	1,00	515,97	50,60
Número CPs	10	10	10
Média	1,000	561,0	55,02
Desv.Padrão	0,0000	101,9	9,994
Coef.Var.(%)	0,0000	18,17	18,17
Mínimo	1,000	425,3	41,71
Máximo	1,000	765,1	75,03

Força (kgf)



Observação: Dureza Janka norma NBR 14810-2 (2013) T2 - 90% TECA+ 10% PUPUNHA

APÊNDICE O – Ensaio de Dureza Janka T3 (80% TECA+ 20%PUPUNHA)

UNESP - Universidade Estadual Paulista

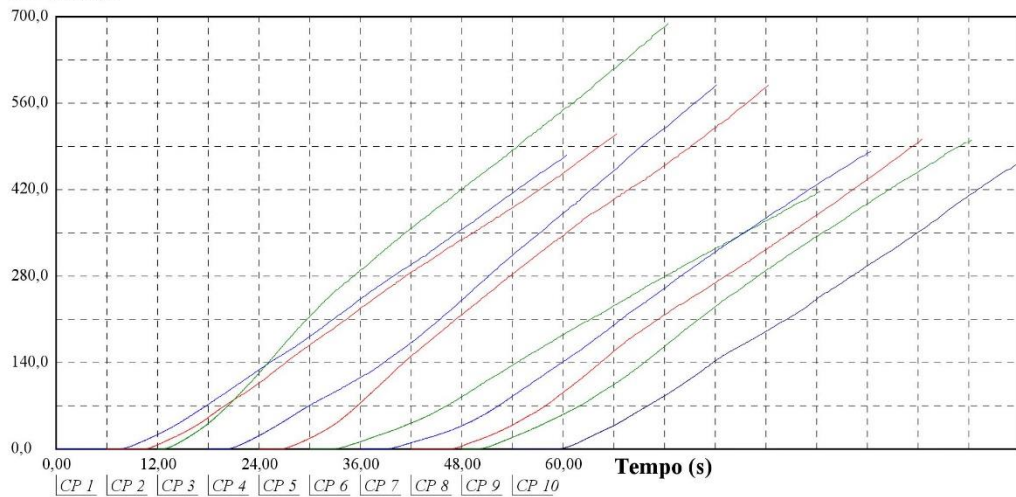
Faculdade de Engenharia de Bauru - Laboratório de Construção Civil

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL30000N** Célula: **Trd 26** Extensômetro: - Data: **08/10/2019** Hora: **10:46:54** Trabalho n° **3798**
 Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Painel Aglomerado LARISSA dureza Janka**
 Ident. Amostra: > Espécie: **Painel Aglomerado** Traço: **T3 - 80% TECA+20% PUPUNHA** Interessado: **Doutorado LARISSA**

Corpo de Prova	seção (cm2)	Fc0,max (kgf)	fc0 (MPa)
CP 1	1,00	476,04	46,68
CP 2	1,00	511,16	50,13
CP 3	1,00	689,01	67,57
CP 4	1,00	590,02	57,86
CP 5	1,00	589,81	57,84
CP 6	1,00	417,54	40,94
CP 7	1,00	482,12	47,28
CP 8	1,00	502,26	49,25
CP 9	1,00	501,20	49,15
CP 10	1,00	469,54	46,04
Número CPs	10	10	10
Média	1,000	522,9	51,27
Desv. Padrão	0,0000	78,47	7,695
Coef. Var. (%)	0,0000	15,01	15,01
Mínimo	1,000	417,5	40,94
Máximo	1,000	689,0	67,57

Força (kgf)



Observação: Dureza Janka norma NBR 14810-2 (2013) T3 - 80% TECA + 20% PUPUNHA

APÊNDICE P – Ensaio de Dureza Janka T4 (70% TECA+ 30%PUPUNHA)

UNESP - Universidade Estadual Paulista

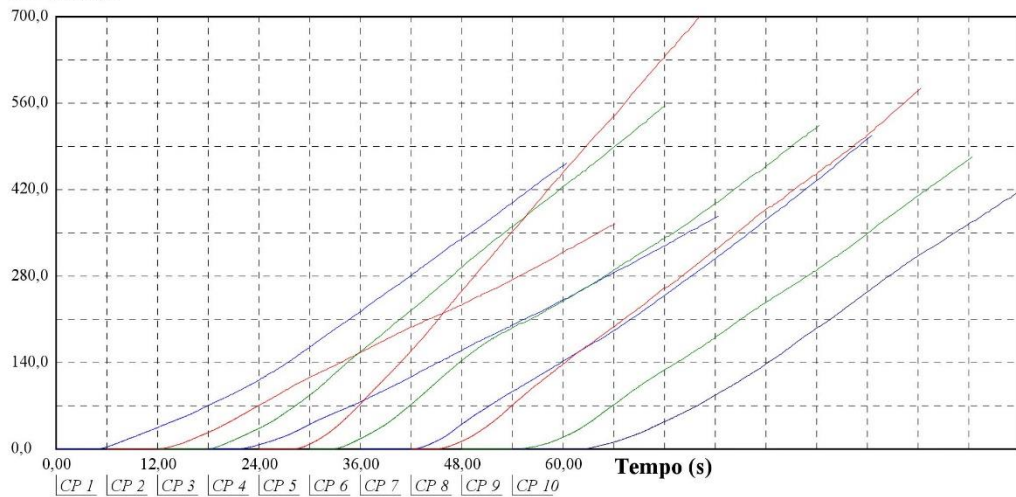
Faculdade de Engenharia de Bauru - Laboratório de Construção Civil

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL30000N** Célula: **Trd 26** Extensômetro: - Data: **08/10/2019** Hora: **10:47:30** Trabalho n° **3799**
 Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Painel Aglomerado LARISSA dureza Janka**
 Ident. Amostra: > Espécie: **Painel Aglomerado** Traço: **T4 - 70% TECA+30% PUPUNHA** Interessado: **Doutorado LARISSA**

Corpo de Prova	seção (cm2)	Fc0,max (kgf)	fc0 (MPa)
CP 1	1,00	463,25	45,43
CP 2	1,00	365,18	35,81
CP 3	1,00	555,39	54,46
CP 4	1,00	377,61	37,03
CP 5	1,00	825,39	80,94
CP 6	1,00	523,74	51,36
CP 7	1,00	508,12	49,83
CP 8	1,00	584,72	57,34
CP 9	1,00	473,50	46,43
CP 10	1,00	421,00	41,28
Número CPs	10	10	10
Média	1,000	509,8	49,99
Desv.Padrão	0,0000	132,2	12,96
Coef.Var.(%)	0,0000	25,93	25,93
Mínimo	1,000	365,2	35,81
Máximo	1,000	825,4	80,94

Força (kgf)



Observação: Dureza Janka norma NBR 14810-2 (2013) T4 - 70% TECA + 30% PUPUNHA

APÊNDICE Q – Ensaio de Tração Perpendicular T1 (100% TECA)

UNESP - Universidade Estadual Paulista

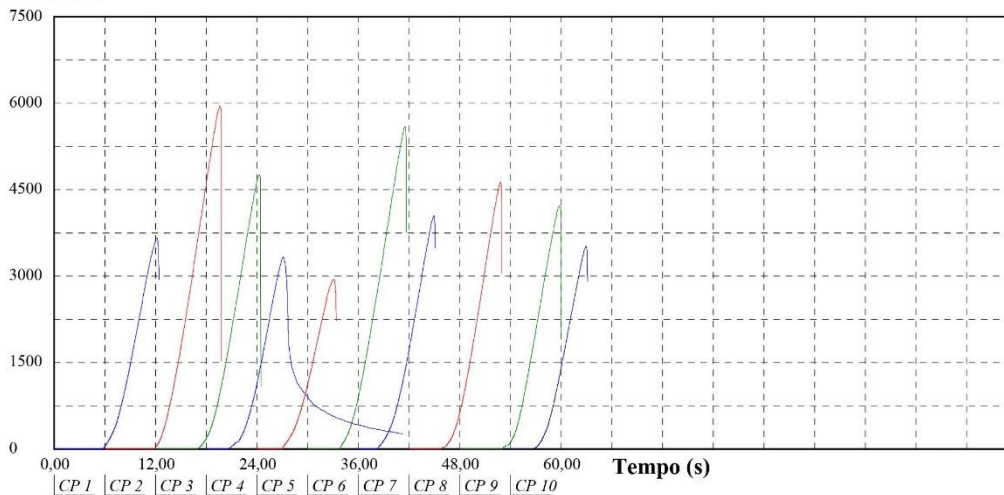
Faculdade de Engenharia de Bauru - Laboratório de Construção Civil

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL30000N** Célula: **Trd 26** Extensômetro: - Data: **08/10/2019** Hora: **15:07:15** Trabalho n° **3800**
 Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Painel aglomerado Doutorado LARISSA Tração Perpendicular**
 Ident. Amostra: >>>>> Material: **Painel aglomerado T1** Traço: **T1 - 100% TECA** Proj. Pesquisa: **Doutorado LARISSA**

Corpo de Prova	L (mm)	C (mm)	S (mm ²)	P (N)	TP (MPa)
CP 1	49,53	50,07	2479,97	3669,73	1,48
CP 2	49,68	49,53	2460,65	5959,76	2,42
CP 3	49,64	49,19	2441,79	4765,60	1,95
CP 4	50,19	50,37	2528,07	3337,44	1,32
CP 5	49,61	49,56	2458,67	2949,77	1,20
CP 6	49,66	49,67	2466,61	5599,78	2,27
CP 7	49,72	49,71	2471,58	4057,40	1,64
CP 8	49,70	49,06	2438,28	4637,53	1,90
CP 9	49,68	49,55	2461,64	4226,32	1,72
CP 10	49,83	50,08	2495,49	3525,05	1,41
Número CPs	10	10	10	10	10
Média	49,72	49,68	2470	4273	1,732
Desv. Padrão	0,1809	0,4038	26,29	976,3	0,4041
Coef.Var.(%)	0,3639	0,8128	1,064	22,85	23,34
Mínimo	49,53	49,06	2438	2950	1,200
Máximo	50,19	50,37	2528	5960	2,422

Força (N)



Observação: Tração perpendicular Carga 2000 N - Doutorado LARISSA T1 - 100% TECA

APÊNDICE R – Ensaio de Tração Perpendicular T2 (90% TECA+ 10%PUPUNHA)

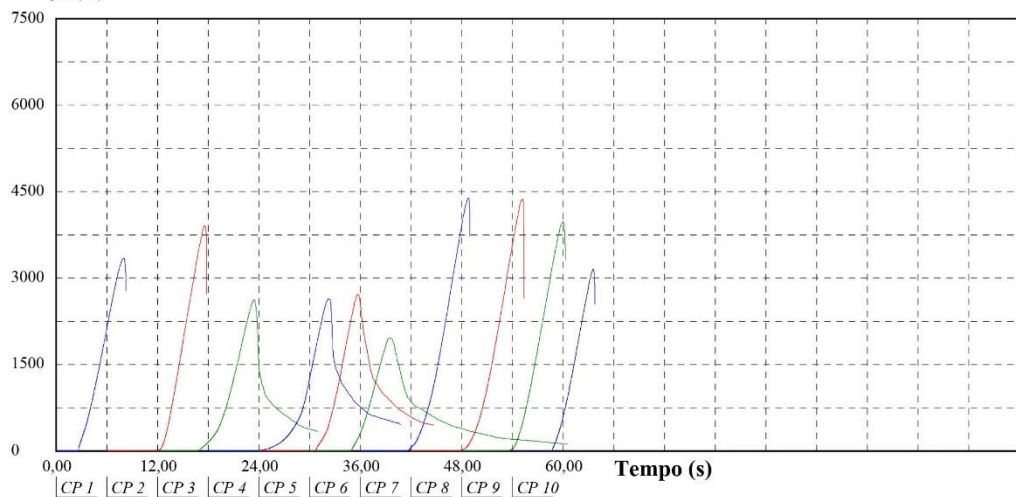
UNESP - Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Engenharia de Bauru - Laboratório de Construção Civil

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL30000N** Célula: **Trd 26** Extensômetro: - Data: **08/10/2019** Hora: **15:09:01** Trabalho nº **3801**
Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Painel aglomerado Doutorado LARISSA Tração Perpendicular**
Ident. Amostra: > Material: **Painel aglomerado Traço: T2 - 90% TECA + 10% PUPUNHA** Proj. Pesquisa: **DOCTORADO LARISSA**

Corpo de Prova	L (mm)	C (mm)	S (mm ²)	P (N)	TP (MPa)
CP 1	50,09	50,13	2511,01	3345,75	1,33
CP 2	50,14	50,14	2514,02	3914,10	1,56
CP 3	50,23	50,12	2517,53	2626,48	1,04
CP 4	49,95	50,13	2503,99	2644,48	1,06
CP 5	50,20	50,21	2520,54	2724,78	1,08
CP 6	49,97	50,26	2511,49	1966,05	0,78
CP 7	50,17	50,15	2516,03	4396,62	1,75
CP 8	49,93	50,12	2502,49	4371,69	1,75
CP 9	50,21	50,10	2515,52	3988,18	1,59
CP 10	50,21	50,32	2526,57	3165,76	1,25
Número CPs	10	10	10	10	10
Média	50,11	50,17	2514	3314	1,319
Desv. Padrão	0,1179	0,07193	7,206	830,9	0,3313
Coef. Var.(%)	0,2352	0,1434	0,2866	25,07	25,13
Mínimo	49,93	50,10	2502	1966	0,7828
Máximo	50,23	50,32	2527	4397	1,747

Força (N)



Observação: Tração perpendicular Carga 2000 N - Doutorado LARISSA T2 - 90% TECA + 10% PUPUNHA

APÊNDICE S – Ensaio de Tração Perpendicular T3 (80% TECA+ 20%PUPUNHA)

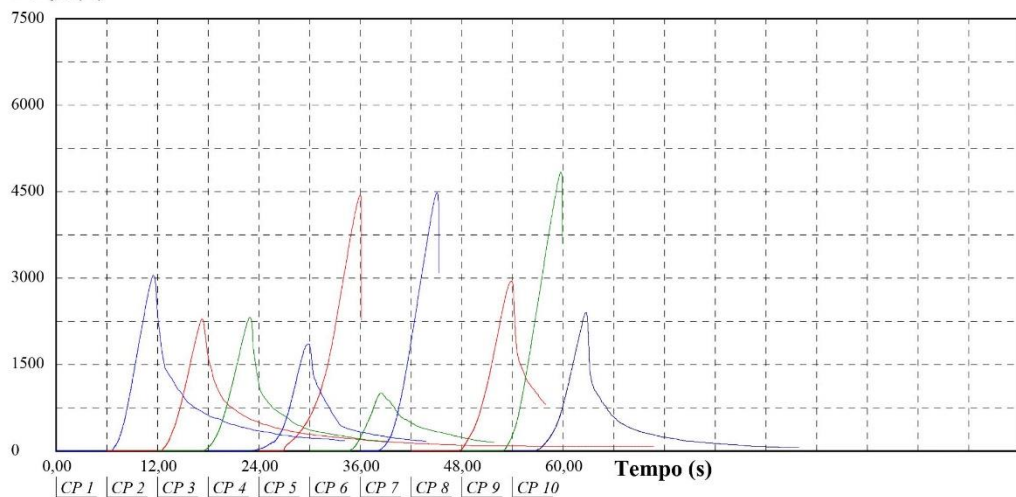
UNESP - Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Engenharia de Bauru - Laboratório de Construção Civil

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL30000N** Célula: **Trd 26** Extensômetro: - Data: **08/10/2019** Hora: **15:10:06** Trabalho nº **3803**
Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Painel aglomerado Doutorado LARISSA Tração Perpendicular**
Ident. Amostra: > Material: **Painel aglomerado Traço: T3 - 80% TECA + 20% PUPUNHA** Proj. Pesquisa: **DOCTORADO LARISSA**

Corpo de Prova	L (mm)	C (mm)	S (mm ²)	P (N)	TP (MPa)
CP 1	50,22	50,08	2515,02	3051,53	1,21
CP 2	50,10	50,16	2513,02	2298,34	0,91
CP 3	50,12	50,20	2516,02	2323,26	0,92
CP 4	50,27	50,04	2515,51	1863,59	0,74
CP 5	50,16	50,46	2531,07	4440,92	1,75
CP 6	50,17	50,14	2515,52	1007,95	0,40
CP 7	50,08	50,18	2513,01	4489,38	1,79
CP 8	50,28	50,27	2527,58	2957,38	1,17
CP 9	50,46	50,34	2540,16	4843,13	1,91
CP 10	50,26	50,20	2523,05	2403,57	0,95
Número CPs	10	10	10	10	10
Média	50,21	50,21	2521	2968	1,176
Desv. Padrão	0,1129	0,1235	9,214	1258	0,4961
Coef. Var.(%)	0,2249	0,2459	0,3655	42,40	42,18
Mínimo	50,08	50,04	2513	1008	0,4007
Máximo	50,46	50,46	2540	4843	1,907

Força (N)



Observação: Tração perpendicular Carga 2000 N - Doutorado LARISSA T3 - 80% TECA + 20% PUPUNHA

APÊNDICE T – Ensaio de Tração Perpendicular T4 (70% TECA+ 30%PUPUNHA)

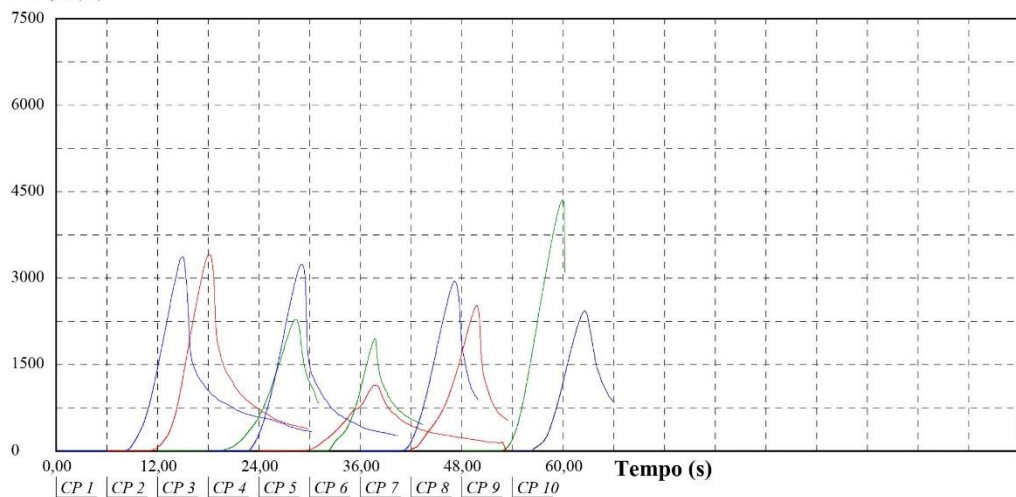
UNESP - Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Engenharia de Bauru - Laboratório de Construção Civil

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL30000N** Célula: **Trd 26** Extensômetro: - Data: **08/10/2019** Hora: **15:11:33** Trabalho nº **3804**
Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Painel aglomerado Doutorado LARISSA Tração Perpendicular**
Ident. Amostra: > Material: **Painel aglomerado Traço: T4 - 70% TECA + 30% PUPUNHA** Proj. Pesquisa: **DOCTORADO LARISSA**

Corpo de Prova	L (mm)	C (mm)	S (mm ²)	P (N)	TP (MPa)
CP 1	49,64	49,66	2465,12	3374,13	1,37
CP 2	49,45	49,61	2453,21	3413,59	1,39
CP 3	49,49	49,48	2448,77	2285,19	0,93
CP 4	49,89	49,74	2481,53	3242,60	1,31
CP 5	49,52	49,60	2456,19	1149,17	0,47
CP 6	49,82	49,74	2478,05	1954,28	0,79
CP 7	49,45	49,44	2444,81	2953,92	1,21
CP 8	49,61	49,49	2455,20	2526,10	1,03
CP 9	49,61	49,49	2455,20	4362,69	1,78
CP 10	49,56	49,61	2458,67	2431,26	0,99
Número CPs	10	10	10	10	10
Média	49,60	49,59	2460	2769	1,126
Desv. Padrão	0,1488	0,1081	11,92	899,1	0,3659
Coef. Var.(%)	0,2999	0,2181	0,4848	32,47	32,50
Mínimo	49,45	49,44	2445	1149	0,4679
Máximo	49,89	49,74	2482	4363	1,777

Força (N)



Observação: Tração perpendicular Carga 2000 N - Doutorado LARISSA T4 - 70% TECA + 30% PUPUNHA

APÊNDICE U – Ensaio de Tração Superficial T1 (100% TECA)

UNESP - Universidade Estadual Paulista

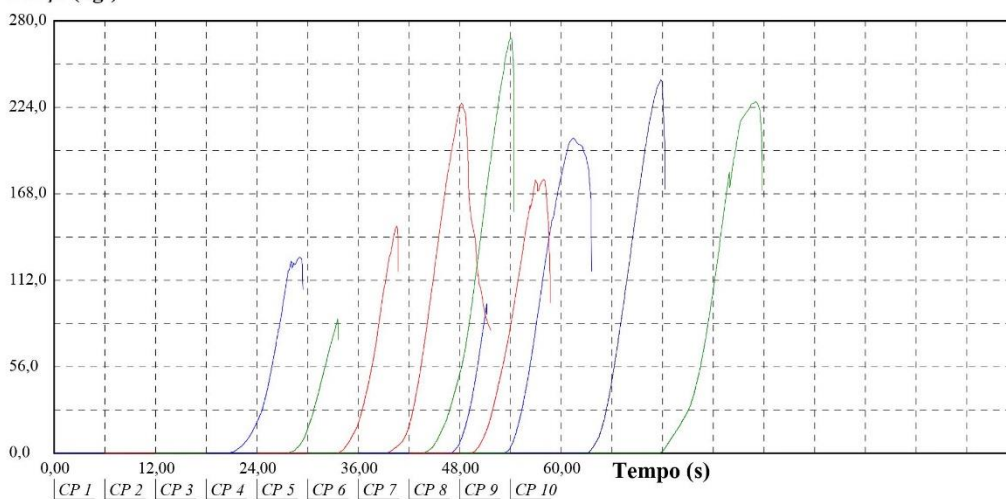
Faculdade de Engenharia de Bauru - Laboratório de Construção Civil

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL30000N** Célula: **Trd 26** Extensômetro: - Data: **23/10/2019** Hora: **10:21:57** Trabalho n° **3820**
 Programa: **Tesc versão** Método de Ensaio: **T1 - Paine Aglomerado Doutorado Larissa - Resistência à Tração Superficial**
 Ident. Amostra: > Norma NBR: **PAINEL AGLOMERADO 14810-2:201**Traço: **100 % Teca** Trabalho: **Doutorado LARISSA**

Corpo de Prova	"diâmetro dispositivo" (mm)	Força máxima (kgf)	RS (kgf/cm ²)
CP 1	35,7	127,28	12,72
CP 2	35,7	147,33	14,72
CP 3	35,7	87,11	8,70
CP 4	35,7	96,85	9,68
CP 5	35,7	226,67	22,64
CP 6	35,7	268,82	26,86
CP 7	35,7	204,51	20,43
CP 8	35,7	177,54	17,74
CP 9	35,7	228,08	22,79
CP 10	35,7	241,99	24,18
Número CPs	10	10	10
Média	35,70	180,6	18,04
Desv. Padrão	0,0000	63,43	6,337
Coef. Var. (%)	0,0000	35,12	35,12
Mínimo	35,70	87,11	8,703
Máximo	35,70	268,8	26,86

Força (kgf)



Observação: Resistencia a Tração superficial - 100% Teca

APÊNDICE V – Ensaio de Tração Superficial T2 (90% TECA+ 10%PUPUNHA)

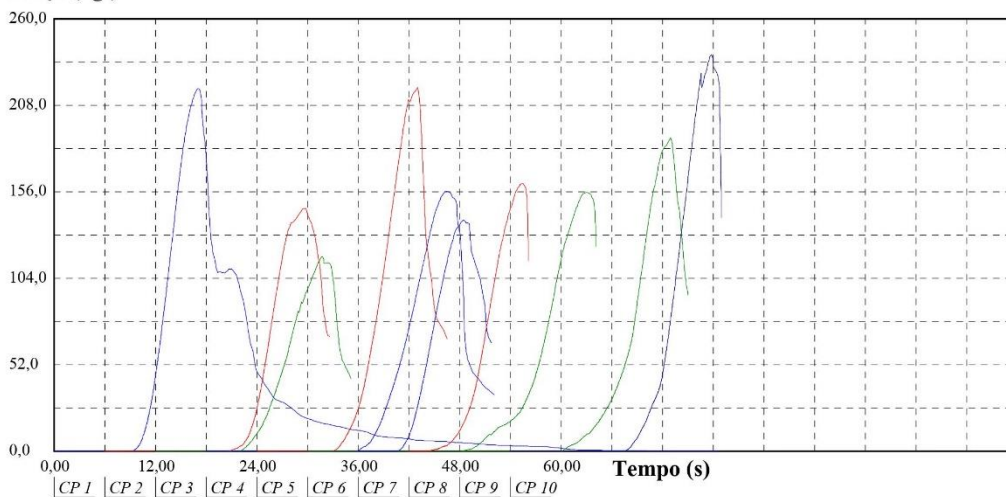
UNESP - Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Engenharia de Bauru - Laboratório de Construção Civil

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL30000N** Célula: **Trd 26** Extensômetro: - Data: **23/10/2019** Hora: **10:24:31** Trabalho nº **3821**
Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Painel Aglomerado Doutorado Larissa - Resistência à Tração Superficial**
Ident. Amostra: >>> Norma NBR: **14810-2:2013** Traço: **90 % TECA + 10% PUPUNHA** Trabalho: **Doutorado LARISSA**

Corpo de Prova	"diâmetro dispositivo" (mm)	Força máxima (kgf)	RS (kgf/cm ²)
CP 1	35,7	218,27	21,81
CP 2	35,7	146,27	14,61
CP 3	35,7	116,90	11,68
CP 4	35,7	156,64	15,65
CP 5	35,7	218,77	21,86
CP 6	35,7	155,73	15,56
CP 7	35,7	139,21	13,91
CP 8	35,7	161,16	16,10
CP 9	35,7	188,62	18,84
CP 10	35,7	238,53	23,83
Número CPs	10	10	10
Média	35,70	174,0	17,38
Desv. Padrão	0,0000	39,97	3,994
Coef. Var. (%)	0,0000	22,97	22,97
Mínimo	35,70	116,9	11,68
Máximo	35,70	238,5	23,83

Força (kgf)



Observação: Resistência a Tração superficial - T2 - 90% Teca + 10% PUPUNHA

APÊNDICE W – Ensaio de Tração Superficial T3 (80% TECA+ 20%PUPUNHA)

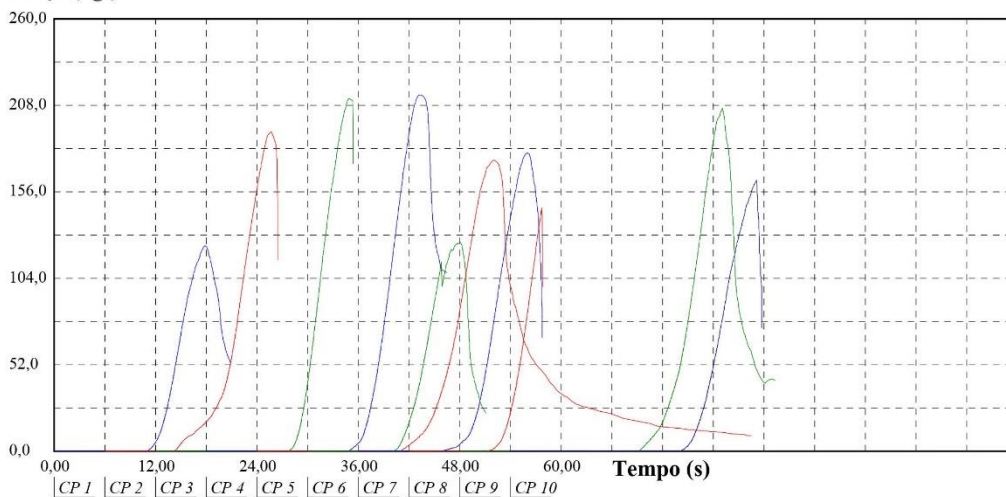
UNESP - Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Engenharia de Bauru - Laboratório de Construção Civil

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL30000N** Célula: **Trd 26** Extensômetro: - Data: **23/10/2019** Hora: **10:26:15** Trabalho nº **3822**
Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Painel Aglomerado Doutorado Larissa - Resistência à Tração Superficial**
Ident. Amostra: > Norma NBR: **14810-2:2013** Traço: **T3 - 80% Teca + 20% PUPUNHA** Trabalho: **Doutorado LARISSA**

Corpo de Prova	"diâmetro dispositivo" (mm)	Força máxima (kgf)	RS (kgf/cm ²)
CP 1	35,7	123,68	12,36
CP 2	35,7	192,08	19,19
CP 3	35,7	212,20	21,20
CP 4	35,7	214,53	21,43
CP 5	35,7	175,21	17,50
CP 6	35,7	125,72	12,56
CP 7	35,7	179,38	17,92
CP 8	35,7	146,48	14,63
CP 9	35,7	206,55	20,64
CP 10	35,7	163,00	16,28
Número CPs	10	10	10
Média	35,70	173,9	17,37
Desv. Padrão	0,0000	33,76	3,373
Coef. Var. (%)	0,0000	19,42	19,42
Mínimo	35,70	123,7	12,36
Máximo	35,70	214,5	21,43

Força (kgf)



Observação: Resistência a Tração superficial - T3 - 80% Teca + 20% PUPUNHA

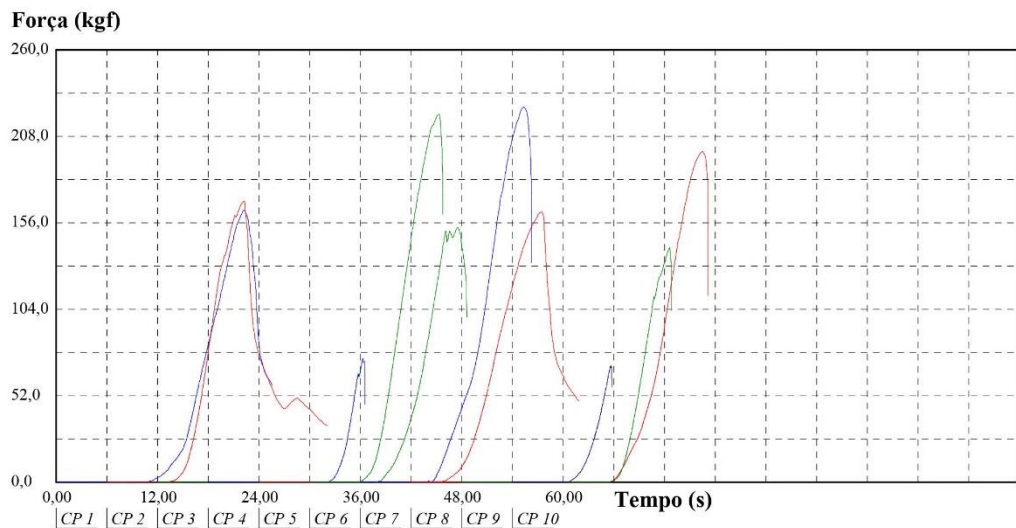
APÊNDICE X – Ensaio de Tração Superficial T4 (70% TECA+ 30%PUPUNHA)

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

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL30000N** Célula: **Trd 26** Extensômetro: - Data: **23/10/2019** Hora: **10:26:58** Trabalho n° **3823**
Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Painel Aglomerado Doutorado Larissa - Resistência à Tração Superficial**
Ident. Amostra: >>>> Norma NBR: **14810-2:2013** Traço: **70% Teca + 30% PUPUNHA** Trabalho: **Doutorado LARISSA**

Corpo de Prova	"diâmetro dispositivo" (mm)	Força máxima (kgf)	RS (kgf/cm ²)
CP 1	35,7	163,77	16,36
CP 2	35,7	169,14	16,90
CP 3	35,7	221,45	22,12
CP 4	35,7	74,76	7,47
CP 5	35,7	162,79	16,26
CP 6	35,7	153,54	15,34
CP 7	35,7	225,68	22,55
CP 8	35,7	199,07	19,89
CP 9	35,7	141,18	14,10
CP 10	35,7	70,03	7,00
Número CPs	10	10	10
Média	35,70	158,1	15,80
Desv. Padrão	0,0000	53,17	5,312
Coef. Var. (%)	0,0000	33,62	33,62
Mínimo	35,70	70,03	6,996
Máximo	35,70	225,7	22,55



Observação: Resistência a Tração superficial - T4 - 70% Teca + 30% PUPUNHA

APÊNDICE Y – Densidade T1 (100% TECA)

T1 - 100% TECA - Densidade														
Corpo de Prova	LADO A (mm)	LADO B (mm)	b1 (mm) MÉDIA	LADO C (mm)	LADO D (mm)	b2 (mm) MÉDIA	PONTO 1 (mm)	PONTO 2 (mm)	PONTO 3 (mm)	PONTO 4 (mm)	e (mm)	V (mm³)	massa (g)	ρ (Kg/m³)
CP1	49,53	49,58	49,56	49,68	49,68	49,68	13,32	13,17	13,32	13,12	13,23	32576,99	22,9	702,95
CP2	49,54	49,51	49,53	49,65	49,67	49,66	12,82	12,85	12,89	13,04	12,90	31726,41	24,43	770,02
CP3	49,87	49,66	49,77	48,59	48,57	48,58	13,15	13,38	13,29	13,22	13,26	32057,16	24,56	766,13
CP4	49,5	49,77	49,64	48,55	48,71	48,63	12,99	13,12	12,97	12,94	13,01	31390,82	23,29	741,94
CP5	49,63	49,74	49,69	49,56	49,53	49,55	12,43	13,24	13,26	13,15	13,02	32050,60	24,53	765,35
CP6	49,71	49,71	49,71	49,66	49,69	49,68	13,01	13,1	13,12	13,06	13,07	32280,50	25,83	800,17
CP7	49,44	49,48	49,46	49,59	49,53	49,56	13,18	13,17	13,17	13,18	13,18	32295,06	20,71	641,27
CP8	49,19	49,21	49,20	49,7	49,66	49,68	13,36	13,35	13,43	13,38	13,38	32704,15	26,09	797,76
CP9	50,23	50,2	50,22	50,19	50,2	50,20	13,71	13,62	13,74	13,59	13,67	34443,21	28,15	817,29
CP10	48,31	48,27	48,29	50,31	50,32	50,32	13,78	13,81	13,81	13,61	13,75	33414,61	22,8	682,34

Onde:

Comprimento = (Lado A + Lado B)/2 – Média do Comprimento (mm)

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

e = Espessura = (Ponto 1 + Ponto 2 + Ponto 3 + Ponto 4)/4 – Média da Espessura do CP (mm)

Volume = Comprimento x Largura x Espessura (mm³)

Densidade $\rightarrow \rho = \frac{m}{V} \rightarrow \rho = \left(\frac{m}{V}\right) \times 1.000.000 \rightarrow (\text{kg/m}^3)$

m = Massa do Corpo de Prova (grs)

$D_{\text{méd}} = 748,52 \text{ Kg/m}^3$ (Densidade Média)

APÊNDICE Z – Densidade T2 (90% TECA+10% PUPUNHA)

T2 - 90% TECA + 10% PUPUNHA - Densidade														
Corpo de Prova	LADO A (mm)	LADO B (mm)	b1 (mm) MÉDIA	LADO C (mm)	LADO D (mm)	b2 (mm) MÉDIA	PONTO 1 (mm)	PONTO 2 (mm)	PONTO 3 (mm)	PONTO 4 (mm)	e (mm)	V (mm³)	massa (g)	ρ (Kg/m³)
CP1	50,25	50,31	50,28	50,41	50,24	50,33	12,61	12,43	12,77	12,93	12,69	32097,38	22,28	694,14
CP2	50,14	50,13	50,14	50,1	50,06	50,08	13,36	13,44	13,36	13,2	13,34	33493,55	22,81	681,03
CP3	50,01	50,11	50,06	50,22	50,29	50,26	12,78	12,89	13,08	13,06	12,95	32585,45	23,06	707,68
CP4	50,18	50,3	50,24	50,16	49,99	50,08	13,12	13,19	13,3	13,23	13,21	33233,30	25,91	779,64
CP5	50,11	50,16	50,14	50,15	50,22	50,19	12,95	12,82	12,74	12,78	12,82	32261,73	22,01	682,23
CP6	50,21	50,36	50,29	50,06	50,05	50,06	13,53	13,48	13,52	13,7	13,56	34124,44	22,79	667,85
CP7	50,18	50,2	50,19	50,25	50,31	50,28	13,2	13,07	13,11	13,08	13,12	33096,40	26,14	789,81
CP8	50,01	49,85	49,93	50,2	50,97	50,59	13,15	13,14	12,69	12,79	12,94	32688,99	21,16	647,31
CP9	50,17	50,22	50,20	50,06	50,08	50,07	12,88	13,01	12,72	13,02	12,91	32439,95	25,26	778,67
CP10	50,33	50,29	50,31	50,16	50,15	50,16	13,03	13,12	13,11	13	13,07	32966,89	23,73	719,81

Onde:

Comprimento = (Lado A+ Lado B)/2 – Média do Comprimento (mm)

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

e = Espessura = (Ponto 1 + Ponto 2 + Ponto 3 + Ponto 4)/4 – Média da Espessura do CP (mm)

Volume = Comprimento x Largura x Espessura (mm³)

Densidade $\rightarrow \rho = \frac{m}{V} \rightarrow \rho = \left(\frac{m}{V}\right) \times 1.000.000 \rightarrow (\text{kg/m}^3)$

m = Massa do Corpo de Prova (grs)

$D_{\text{méd}} = 714,82 \text{ Kg/m}^3$ (Densidade Média)

APÊNDICE AA – Densidade T3 (80% TECA+20% PUPUNHA)

T3 - 80% TECA + 20% PUPUNHA - Densidade														
Corpo de Prova	LADO A (mm)	LADO B (mm)	b1 (mm) MÉDIA	LADO C (mm)	LADO D (mm)	b2 (mm) MÉDIA	PONTO 1 (mm)	PONTO 2 (mm)	PONTO 3 (mm)	PONTO 4 (mm)	e (mm)	V (mm³)	massa (g)	ρ (Kg/m³)
CP1	50,24	50,17	50,21	50,04	50,24	50,14	13,05	13,04	13,08	13,04	13,05	32856,78	23,66	720,09
CP2	50,13	50,12	50,13	50,1	50,06	50,08	12,78	12,85	12,86	12,79	12,82	32181,53	23,8	739,55
CP3	50,09	50,01	50,05	50,01	50,21	50,11	13,12	12,99	13,04	13,1	13,06	32760,82	25	763,11
CP4	50,25	50,14	50,20	50,24	50,15	50,20	13,38	13,25	13,23	13,31	13,29	33490,96	22,98	686,16
CP5	50,18	50,18	50,18	50,16	50,22	50,19	12,78	12,85	12,76	12,67	12,77	32149,09	21,32	663,16
CP6	50,02	50,1	50,06	50,12	50,16	50,14	13,33	13,39	13,41	13,37	13,38	33571,36	26,38	785,79
CP7	50,22	50,19	50,21	50,21	50,17	50,19	12,92	13,08	13,03	13,12	13,04	32851,75	24,47	744,86
CP8	50,11	50,09	50,10	50,1	50,01	50,06	13,35	12,9	12,64	12,9	12,95	32469,16	20,44	629,52
CP9	50,19	50,22	50,21	50,17	50,16	50,17	13,05	12,76	12,86	12,53	12,80	32237,23	20,3	629,71
CP10	50,13	50,12	50,13	49,77	49,75	49,76	13,26	13,38	13,17	13,2	13,25	33054,65	25,85	782,04

Onde:

Comprimento = (Lado A+ Lado B)/2 – Média do Comprimento (mm)

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

e = Espessura = (Ponto 1 + Ponto 2 + Ponto 3 + Ponto 4)/4 – Média da Espessura do CP (mm)

Volume = Comprimento x Largura x Espessura (mm³)

Densidade $\rightarrow \rho = \frac{m}{V} \rightarrow \rho = \left(\frac{m}{V}\right) \times 1.000.000 \rightarrow (\text{kg/m}^3)$

m = Massa do Corpo de Prova (grs)

$D_{\text{méd}} = 714,40 \text{ Kg/m}^3$ (Densidade Média)

APÊNDICE BB – Densidade T4 (70% TECA+30% PUPUNHA)

T4 - 70% TECA + 30% PUPUNHA - Densidade														
Corpo de Prova	LADO A (mm)	LADO B (mm)	b1 (mm) MÉDIA	LADO C (mm)	LADO D (mm)	b2 (mm) MÉDIA	PONTO 1 (mm)	PONTO 2 (mm)	PONTO 3 (mm)	PONTO 4 (mm)	e (mm)	V (mm³)	massa (g)	ρ (Kg/m³)
CP1	49,61	49,64	49,63	49,45	49,48	49,47	13,57	13,41	13,37	13,51	13,47	33052,54	25,21	762,72
CP2	49,55	49,45	49,50	49,62	49,64	49,63	13,37	13,19	13,23	13	13,20	32422,10	22,94	707,54
CP3	49,37	49,44	49,41	49,6	49,65	49,63	13,39	13,18	13,49	13,53	13,40	32846,96	23,05	701,74
CP4	49,24	49,18	49,21	49,46	49,56	49,51	13,52	13,48	13,44	13,46	13,48	32830,32	22,95	699,05
CP5	49,7	49,73	49,72	49,54	49,52	49,53	12,68	13,03	13,25	13,11	13,02	32054,08	17,81	555,62
CP6	49,62	49,68	49,65	49,56	49,5	49,53	13,35	13,36	13,32	13,26	13,32	32762,22	24,49	747,51
CP7	49,26	49,28	49,27	49,51	49,57	49,54	13,54	13,62	13,59	13,41	13,54	33048,92	26,12	790,34
CP8	49,59	49,56	49,58	49,59	49,59	49,59	13,28	13,01	13,33	13,17	13,20	32445,05	19,92	613,96
CP9	49,62	49,61	49,62	49,67	49,52	49,60	13,49	13,25	13,34	13,42	13,38	32911,27	24,73	751,41
CP10	49,6	49,63	49,62	49,6	49,51	49,56	13,02	13,05	13,19	13,18	13,11	32233,18	21,23	658,64

Onde:

Comprimento = (Lado A+ Lado B)/2 – Média do Comprimento (mm)

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

e = Espessura = (Ponto 1 + Ponto 2 + Ponto 3 + Ponto 4)/4 – Média da Espessura do CP (mm)

Volume = Comprimento x Largura x Espessura (mm³)

Densidade $\rightarrow \rho = \frac{m}{V} \rightarrow \rho = \left(\frac{m}{V}\right) \times 1.000.000 \rightarrow (\text{kg/m}^3)$

m = Massa do Corpo de Prova (grs)

$D_{\text{méd}} = 698,85 \text{ Kg/m}^3$ (Densidade Média)

APÊNDICE CC– Teor de Umidade T1 (100% TECA)

T1 - 100% TECA - TEOR DE UMIDADE			
Corpo de Prova	Mu (grs) ÚMIDA	Ms (grs) SECA	U (%)
CP1	22,9	21,55	6,26
CP2	24,43	23,01	6,17
CP3	24,56	23,03	6,64
CP4	23,29	21,88	6,44
CP5	24,53	23,11	6,14
CP6	25,83	24,3	6,30
CP7	20,71	19,39	6,81
CP8	26,09	24,45	6,71
CP9	28,15	26,49	6,27
CP10	22,8	21,46	6,24

Onde:

U = é o teor de umidade do corpo de prova, expresso em porcentagem (%);

M_U= é a massa úmida do corpo de prova, expressa em gramas (g);

M_S= é a massa seca do corpo de prova, expressa em gramas (g).

$$U = \left(\frac{M_u - M_s}{M_s} \right) \times 100$$

Obs: O material foi deixado na Estufa por 14 dias, a uma temperatura de 103 ± 2° C, até a retirada completa da água.

APÊNDICE DD – Teor de Umidade T2 (90% TECA+10% PUPUNHA)

T2 - 90% TECA + 10% PUPUNHA - TEOR DE UMIDADE			
Corpo de Prova	Mu (grs) ÚMIDA	Ms (grs) SECA	U (%)
CP1	22,28	20,85	6,86
CP2	22,81	21,3	7,09
CP3	23,06	21,57	6,91
CP4	25,91	24,49	5,80
CP5	22,01	20,82	5,72
CP6	22,79	21,27	7,15
CP7	26,14	24,41	7,09
CP8	21,16	19,99	5,85
CP9	25,26	23,85	5,91
CP10	23,73	22,43	5,80

Onde:

U = é o teor de umidade do corpo de prova, expresso em porcentagem (%);

M_U= é a massa úmida do corpo de prova, expressa em gramas (g);

M_S= é a massa seca do corpo de prova, expressa em gramas (g).

$$U = \left(\frac{M_u - M_s}{M_s} \right) \times 100$$

Obs: O material foi deixado na Estufa por 14 dias, a uma temperatura de $103 \pm 2^\circ \text{C}$, até a retirada completa da água.

APÊNDICE EE – Teor de Umidade T3 (80% TECA+20% PUPUNHA)

T3 - 80% TECA + 20% PUPUNHA - TEOR DE UMIDADE			
Corpo de Prova	Mu (grs) ÚMIDA	Ms (grs) SECA	U (%)
CP1	23,66	22,2	6,58
CP2	23,8	22,38	6,34
CP3	25	23,51	6,34
CP4	22,98	21,53	6,73
CP5	21,32	20,04	6,39
CP6	26,38	24,77	6,50
CP7	24,47	22,94	6,67
CP8	20,44	19,22	6,35
CP9	20,3	19,11	6,23
CP10	25,85	24,28	6,47

Onde:

U = é o teor de umidade do corpo de prova, expresso em porcentagem (%);

M_U= é a massa úmida do corpo de prova, expressa em gramas (g);

M_S= é a massa seca do corpo de prova, expressa em gramas (g).

$$U = \left(\frac{M_u - M_s}{M_s} \right) \times 100$$

Obs: O material foi deixado na Estufa por 14 dias, a uma temperatura de $103 \pm 2^\circ \text{C}$, até a retirada completa da água.

APÊNDICE FF – Teor de Umidade T4 (70% TECA+30% PUPUNHA)

T4 - 70% TECA + 30% PUPUNHA - TEOR DE UMIDADE			
Corpo de Prova	Mu (grs) ÚMIDA	Ms (grs) SECA	U (%)
CP1	25,21	23,63	6,69
CP2	22,94	21,42	7,10
CP3	23,05	21,55	6,96
CP4	22,95	21,53	6,60
CP5	17,81	16,67	6,84
CP6	24,49	22,9	6,94
CP7	26,12	24,48	6,70
CP8	19,92	18,65	6,81
CP9	24,73	23,14	6,87
CP10	21,23	19,95	6,42

Onde:

U = é o teor de umidade do corpo de prova, expresso em porcentagem (%);

M_U= é a massa úmida do corpo de prova, expressa em gramas (g);

M_S= é a massa seca do corpo de prova, expressa em gramas (g).

$$U = \left(\frac{M_u - M_s}{M_s} \right) \times 100$$

Obs: O material foi deixado na Estufa por 14 dias, a uma temperatura de 103 ± 2° C, até a retirada completa da água.

APÊNDICE GG–Inchamento em Espessura e Absorção de Água T1(100% TECA)

T1 - 100% TECA - INCHAMENTO EM ESPESSURA E ABSORÇÃO DE ÁGUA														
Corpo de Prova	E0 PONTO 1 (mm)	E0 PONTO 2 (mm)	E0 PONTO 3 (mm)	E0 PONTO 4(mm)	E0 (mm)	E1 PONTO 1 (mm)	E1 PONTO 2 (mm)	E1 PONTO 3 (mm)	E1 PONTO 4 (mm)	E1 (mm)	M0 (grs)	M1 (grs)	A (%)	I (%)
CP1	13,27	13,31	13,28	13,21	13,27	14,18	14,17	14,25	14,19	14,20	20,01	31,61	57,97	7,01
CP2	12,65	13,14	13,06	12,97	12,96	14,42	14,24	13,97	14,67	14,33	20,32	32,53	60,09	10,58
CP3	12,95	12,98	12,97	12,92	12,96	14,30	14,33	14,58	14,70	14,48	19,87	30,98	55,91	11,75
CP4	13,52	13,38	13,21	13,37	13,37	14,51	14,79	14,94	14,89	14,78	25,12	33,74	34,32	10,56
CP5	13,41	13,47	13,38	13,56	13,46	14,81	15,03	14,90	14,89	14,91	20,6	30,93	50,15	10,80
CP6	12,99	12,89	12,89	13,04	12,95	14,03	14,36	13,94	13,81	14,04	16,8	27,51	63,75	8,36
CP7	13,26	13,28	13,11	13,16	13,20	15,21	14,48	14,87	15,30	14,97	22,24	33,12	48,92	13,35
CP8	12,98	13,03	13,11	13,04	13,04	14,90	14,73	14,74	14,98	14,84	23,99	35,16	46,56	13,78
CP9	13,25	13,27	13,25	13,17	13,24	14,77	15,04	14,47	14,88	14,79	22	32,77	48,95	11,75
CP10	13,01	13,04	13,12	13,24	13,10	14,36	14,52	14,36	14,43	14,42	21,54	32,23	49,63	10,04

Onde:

A= Absorção de Água, expressa em porcentagem [%];

M0 = é a massa seca do corpo de prova (antes da imersão), expressa em gramas [g];

M1 = é a massa saturada do corpo de prova (após a imersão), expressa em gramas [g].

I= é o inchamento em espessura do corpo de prova, expresso em porcentagem [%];

E0 = é a espessura do corpo de prova antes da imersão, expressa em milímetros [mm];

E1 = é a espessura do corpo de prova após a imersão, expressa em milímetros [mm].

$$A = \frac{M_1 - M_0}{M_0} \times 100$$

$$I = \frac{E_1 - E_0}{E_0} \times 100$$

APÊNDICE HH – Inchamento em Espessura e Absorção de Água T2 (90% TECA+10% PUPUNHA)

T2 - 90% TECA + 10% PUPUNHA - INCHAMENTO EM ESPESSURA E ABSORÇÃO DE ÁGUA														
Corpo de Prova	E0 PONTO 1 (mm)	E0 PONTO 2 (mm)	E0 PONTO 3 (mm)	E0 PONTO 4(mm)	E0 (mm)	E1 PONTO 1 (mm)	E1 PONTO 2 (mm)	E1 PONTO 3 (mm)	E1 PONTO 4 (mm)	E1 (mm)	M0 (grs)	M1 (grs)	A (%)	I (%)
CP1	13,08	13,26	13,11	13,17	13,16	15,01	14,82	15,27	14,63	14,93	25,43	36,98	45,42	13,51
CP2	13,66	13,6	13,56	13,54	13,59	15,05	15,28	15,34	15,07	15,19	22,45	36,95	64,59	11,74
CP3	13,12	13,11	13,11	13,04	13,10	14,93	15,03	14,55	14,89	14,85	25,76	35,75	38,78	13,40
CP4	13,3	13,42	13,12	13,14	13,25	15,39	15,12	15,66	15,83	15,50	23,8	38,75	62,82	17,03
CP5	13,56	13,54	13,6	13,5	13,55	15,86	16,45	15,70	16,42	16,11	24,58	41,84	70,22	18,87
CP6	13,51	13,38	13,39	13,36	13,41	15,70	15,31	15,00	16,03	15,51	24,98	39,94	59,89	15,66
CP7	13,66	13,66	13,28	13,39	13,50	14,98	14,69	15,14	15,03	14,96	20,82	34,54	65,90	10,84
CP8	13,21	13,1	13,01	13,17	13,12	14,80	14,64	14,61	14,89	14,74	23,36	36,08	54,45	12,29
CP9	13,26	13,17	13	13,29	13,18	14,54	14,44	14,92	14,67	14,64	22,8	35,71	56,62	11,10
CP10	13,14	13,21	13,24	13,28	13,22	14,78	14,65	14,53	15,01	14,74	24,78	36,02	45,36	11,54

Onde:

$$A = \frac{M_1 - M_0}{M_0} \times 100$$

A= Absorção de Água, expressa em porcentagem [%];

M₀ = é a massa seca do corpo de prova (antes da imersão), expressa em gramas [g];

M₁ = é a massa saturada do corpo de prova (após a imersão), expressa em gramas [g].

I= é o inchamento em espessura do corpo de prova, expresso em porcentagem [%];

E₀ = é a espessura do corpo de prova antes da imersão, expressa em milímetros [mm];

E₁ = é a espessura do corpo de prova após a imersão, expressa em milímetros [mm].

$$I = \frac{E_1 - E_0}{E_0} \times 100$$

APÊNDICE II – Inchamento em Espessura e Absorção de Água T3 (80% TECA+20% PUPUNHA)

T3 - 80% TECA + 20%PUPUNHA - INCHAMENTO EM ESPESSURA E ABSORÇÃO DE ÁGUA														
Corpo de Prova	E0 PONTO 1 (mm)	E0 PONTO 2 (mm)	E0 PONTO 3 (mm)	E0 PONTO 4(mm)	E0 (mm)	E1 PONTO 1 (mm)	E1 PONTO 2 (mm)	E1 PONTO 3 (mm)	E1 PONTO 4 (mm)	E1 (mm)	M0 (grs)	M1 (grs)	A (%)	I (%)
CP1	13,16	13,14	12,38	13,01	12,92	14,55	14,78	13,50	14,47	14,33	20,99	33,61	60,12	10,85
CP2	12,61	12,83	13,05	12,68	12,79	13,99	14,36	14,21	13,88	14,11	20,01	33,28	66,32	10,30
CP3	13,1	13,08	13,16	13,12	13,12	15,37	14,65	14,71	14,40	14,78	25,84	35,8	38,54	12,71
CP4	13,14	13,28	13,24	13,04	13,18	15,44	16,08	19,22	17,37	17,03	21,92	40,45	84,53	29,24
CP5	12,9	12,64	12,93	13,05	12,88	13,74	14,03	14,80	14,26	14,21	19,26	33,26	72,69	10,31
CP6	12,79	12,55	12,44	12,69	12,62	14,27	14,31	14,01	13,67	14,07	20,68	36,09	74,52	11,47
CP7	13,12	13,19	13,27	13,07	13,16	14,85	14,65	14,63	14,70	14,71	24,26	34,9	43,86	11,74
CP8	12,73	13,08	12,79	12,84	12,86	14,28	13,97	14,32	14,51	14,27	25,66	34,99	36,36	10,96
CP9	12,91	13,24	12,78	12,65	12,90	14,59	14,96	14,75	13,51	14,45	19,68	34,18	73,68	12,08
CP10	13,29	13,05	13,18	13,16	13,17	14,43	14,48	14,55	14,65	14,53	22,96	35,57	54,92	10,31

Onde:

$$A = \frac{M_1 - M_0}{M_0} \times 100$$

A= Absorção de Água, expressa em porcentagem [%];

M₀ = é a massa seca do corpo de prova (antes da imersão), expressa em gramas [g];

M₁ = é a massa saturada do corpo de prova (após a imersão), expressa em gramas [g].

I= é o inchamento em espessura do corpo de prova, expresso em porcentagem [%];

E₀ = é a espessura do corpo de prova antes da imersão, expressa em milímetros [mm];

E₁ = é a espessura do corpo de prova após a imersão, expressa em milímetros [mm].

$$I = \frac{E_1 - E_0}{E_0} \times 100$$

APÊNDICE JJ – Inchamento em Espessura e Absorção de Água T4 (70% TECA+30% PUPUNHA)

T4 - 70% TECA + 30% PUPUNHA - INCHAMENTO EM ESPESSURA E ABSORÇÃO DE ÁGUA														
Corpo de Prova	E0 PONTO 1 (mm)	E0 PONTO 2 (mm)	E0 PONTO 3 (mm)	E0 PONTO 4(mm)	E0 (mm)	E1 PONTO 1 (mm)	E1 PONTO 2 (mm)	E1 PONTO 3 (mm)	E1 PONTO 4 (mm)	E1 (mm)	M0 (grs)	M1 (grs)	A (%)	I (%)
CP1	12,93	13,02	12,81	12,83	12,90	14,46	14,64	14,92	14,62	14,66	22,52	36,61	62,57	13,67
CP2	13,14	13,17	13,2	13,28	13,20	15,38	15,09	15,27	14,37	15,03	24,45	37,35	52,76	13,87
CP3	12,93	12,81	12,9	12,82	12,87	14,54	14,71	14,88	14,75	14,72	22,05	36,15	63,95	14,42
CP4	13,24	13,24	13,08	13,23	13,20	14,66	14,92	14,89	14,61	14,77	22,89	35,63	55,66	11,92
CP5	13,44	13,38	13,38	13,3	13,38	14,71	14,80	14,98	14,80	14,82	24,13	35,38	46,62	10,82
CP6	13,09	13,05	13,19	13,17	13,13	15,02	14,83	14,05	14,42	14,58	23,83	33,94	42,43	11,09
CP7	12,68	12,66	12,95	13,05	12,84	14,16	14,38	14,67	14,83	14,51	19,49	33,51	71,93	13,05
CP8	13,02	12,85	13,14	13,06	13,02	14,24	14,49	14,58	14,42	14,43	23,75	34,76	46,36	10,87
CP9	13,23	13,29	13,13	13,13	13,20	14,82	14,85	14,86	14,48	14,75	24,87	36,57	47,04	11,80
CP10	13,05	13,03	12,98	13,05	13,03	14,77	14,92	15,23	15,49	15,10	24,24	37,4	54,29	15,93

Onde:

$$A = \frac{M_1 - M_0}{M_0} \times 100$$

A= Absorção de Água, expressa em porcentagem [%];

M₀ = é a massa seca do corpo de prova (antes da imersão), expressa em gramas [g];

M₁ = é a massa saturada do corpo de prova (após a imersão), expressa em gramas [g].

I= é o inchamento em espessura do corpo de prova, expresso em porcentagem [%];

E₀ = é a espessura do corpo de prova antes da imersão, expressa em milímetros [mm];

E₁ = é a espessura do corpo de prova após a imersão, expressa em milímetros [mm].

$$I = \frac{E_1 - E_0}{E_0} \times 100$$

APÊNDICE KK – TESTE DE TUKEY – FLEXÃO ESTÁTICA

☐ Repeated measures					
	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p(same)
Between groups:	1,28447E06	3	428157	2,618	0,06575
Within groups:	5,88674E06	36	163521		
Total:	7,17122E06	39			
omega^2:	0,1082				
Levene's test for homogeneity of variance, based on means: p(same) = 0,2879					
Based on medians: p(same) = 0,296					
Welch F test in the case of unequal variances: F=2,054, df=19,3, p=0,1398					
Residuals					
Tukey's pairwise comparisons:					
Q \ p(same)					
	A	B	C	D	
A		0,509	0,419	0,03943	
B	1,977		0,9988	0,5084	
C	2,193	0,2165		0,6026	
D	3,955	1,978	1,762		

APÊNDICE LL – TESTE DE TUKEY – ARRANCAMENTO DE PARAFUSO TOPO

☐ Repeated measures					
	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p(same)
Between groups:	1326,42	3	442,14	1,369	0,2677
Within groups:	11625	36	322,916		
Total:	12951,4	39			
omega^2:	0,02694				
Levene's test for homogeneity of variance, based on means: p(same) = 0,7474					
Based on medians: p(same) = 0,7205					
Welch F test in the case of unequal variances: F=1,738, df=19,77, p=0,1919					
Residuals					
Tukey's pairwise comparisons:					
Q \ p(same)					
	A	B	C	D	
A		0,5663	0,2531	0,9444	
B	1,845		0,9378	0,8768	
C	2,664	0,819		0,552	
D	0,7863	1,058	1,877		

APÊNDICE MM – TESTE DE TUKEY – ARRANCAMENTO DE PARAFUSO FACE

☐ Repeated measures					
	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p(same)
Between groups:	210,05	3	70,0165	0,3209	0,8102
Within groups:	7855,03	36	218,195		
Total:	8065,08	39			
omega^2:	-0,05367				
Levene's test for homogeneity of variance, based on means: p(same) = 0,1364					
Based on medians: p(same) = 0,2504					
Welch F test in the case of unequal variances: F=0,3182, df=19,53, p=0,8121					
Residuals					
Tukey's pairwise comparisons:					
Q \ p(same)					
	A	B	C	D	
A		0,8902	0,9771	0,7945	
B	1,012		0,9896	0,997	
C	0,5742	0,4382		0,9553	
D	1,301	0,2886	0,7268		

APÊNDICE NN – TESTE DE TUKEY – DUREZA JANKA

☐ Repeated measures					
	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p(same)
Between groups:	650,115	3	216,705	2,377	0,08602
Within groups:	3281,91	36	91,1642		
Total:	3932,03	39			
omega^2:	0,09361				
Levene's test for homogeneity of variance, based on means: p(same) = 0,3711					
Based on medians: p(same) = 0,4668					
Welch F test in the case of unequal variances: F=3,46, df=19,4, p=0,03647					
Residuals					
Tukey's pairwise comparisons:					
Q \ p(same)					
	A	B	C	D	
A		0,598	0,1631	0,08933	
B	1,772		0,8167	0,6447	
C	3,013	1,24		0,9905	
D	3,438	1,665	0,4249		

APÊNDICE OO – TESTE DE TUKEY – TRAÇÃO PERPENDICULAR

☐ Repeated measures					
	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p(same)
Between groups:	2,259	3	0,753	4,594	0,008009
Within groups:	5,90084	36	0,163912		
Total:	8,15984	39			
omega^2:	0,2123				
Levene's test for homogeneity of variance, based on means: p(same) = 0,6383					
Based on medians: p(same) = 0,6818					
Welch F test in the case of unequal variances: F=4,342, df=19,84, p=0,01656					
Residuals					
Tukey's pairwise comparisons:					
Q \ p(same)					
	A	B	C	D	
A		0,1229	0,02028	0,01031	
B	3,218		0,8562	0,7154	
C	4,343	1,125		0,9934	
D	4,718	1,5	0,3749		

APÊNDICE PP– TESTE DE TUKEY – TRACÃO SUPERFICIAL

☐ Repeated measures					
	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p(same)
Between groups:	27,3208	3	9,10694	0,3806	0,7675
Within groups:	861,351	36	23,9264		
Total:	888,671	39			
omega^2:	-0,04872				
Levene's test for homogeneity of variance, based on means: p(same) = 0,1571					
Based on medians: p(same) = 0,2084					
Welch F test in the case of unequal variances: F=0,2874, df=19,53, p=0,8339					
Residuals					
Tukey's pairwise comparisons:					
Q \ p(same)					
	A	B	C	D	
A		0,9903	0,9897	0,7348	
B	0,4273		1	0,8865	
C	0,4364	0,009051		0,8891	
D	1,453	1,025	1,016		

APÊNDICE QQ – TESTE DE TUKEY – TEOR DE UMIDADE

☐ Repeated measures					
	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p(same)
Between groups:	1,03387	3	0,344622	2,583	0,06841
Within groups:	4,80373	36	0,133437		
Total:	5,8376	39			
omega^2:	0,1061				
Levene's test for homogeneity of variance, based on means: p(same) = 1,208E-12					
Based on medians: p(same) = 7,722E-10					
Welch F test in the case of unequal variances: F=7,129, df=19,17, p=0,002084					
Residuals					
Tukey's pairwise comparisons:					
Q \ p(same)					
	A	B	C	D	
A		0,9994	0,9812	0,09177	
B	0,1731		0,994	0,1181	
C	0,5367	0,3636		0,1932	
D	3,419	3,246	2,883		

APÊNDICE RR – TESTE DE TUKEY – ABSORÇÃO DE ÁGUA

☐ Repeated measures					
	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p(same)
Between groups:	424,516	3	141,505	1,045	0,3846
Within groups:	4876,96	36	135,471		
Total:	5301,48	39			
omega^2:	0,00333				
Levene's test for homogeneity of variance, based on means: p(same) = 0,04342					
Based on medians: p(same) = 0,05587					
Welch F test in the case of unequal variances: F=0,8901, df=19,64, p=0,4636					
Residuals					
Tukey's pairwise comparisons:					
Q \ p(same)					
	A	B	C	D	
A		0,7953	0,3309	0,9524	
B	1,299		0,8554	0,9792	
C	2,426	1,127		0,6372	
D	0,7433	0,5553	1,683		

APÊNDICE SS – TESTE DE TUKEY – INCHAMENTO EM ESPESSURA

☐ Repeated measures					
	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p(same)
Between groups:	44,0426	3	14,6809	1,226	0,3144
Within groups:	431,146	36	11,9763		
Total:	475,189	39			
omega^2:	0,01666				
Levene's test for homogeneity of variance, based on means: p(same) = 0,3699					
Based on medians: p(same) = 0,8491					
Welch F test in the case of unequal variances: F=2,613, df=19,18, p=0,0808					
Residuals					
Tukey's pairwise comparisons:					
Q \ p(same)					
	A	B	C	D	
A		0,2858	0,495	0,5954	
B	2,559		0,9799	0,9455	
C	2,009	0,5492		0,9985	
D	1,778	0,7804	0,2312		

APÊNDICE TT – TESTE DE TUKEY – DENSIDADE

☐ Repeated measures					
	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p(same)
Between groups:	13160,3	3	4386,76	1,208	0,3206
Within groups:	130692	36	3630,33		
Total:	143852	39			
omega^2:	0,01539				
Levene's test for homogeneity of variance, based on means: p(same) = 0,8599					
Based on medians: p(same) = 0,8651					
Welch F test in the case of unequal variances: F=1,116, df=19,88, p=0,3663					
Residuals					
Tukey's pairwise comparisons:					
Q \ p(same)					
	A	B	C	D	
A		0,5994	0,5898	0,2705	
B	1,769		1	0,9338	
C	1,791	0,02194		0,9384	
D	2,607	0,8379	0,8159		